



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 096599

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN JEMBATAN GRINDULU BERBENTUK BUSUR BAJA DI KABUPATEN PACITAN

HENDRA DARMAWAN
NRP. 3113 041 048

Dosen Pembimbing 1
Ir. Chomaedi, CES. Geo
NIP 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing 2
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP 19600105 198603 1 003

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



PROYEK AKHIR TERAPAN- RC096599

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN JEMBATAN GRINDULU BERBENTUK BUSUR BAJA DI KABUPATEN PACITAN

HENDRA DARMAWAN
NRP. 3113 041 048

Dosen Pembimbing 1
Ir. Chomaedi, CES. Geo
NIP 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing 2
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP 19600105 198603 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DE PARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



PROYEK AKHIR TERAPAN- RC096599

MODIFICATION STRUCTURE AND METHOD OF STEEL BRIDGE GRINDULU SHAPED ARC IN THE DISTRICT PACITAN

HENDRA DARMAWAN
NRP. 3113 041 048

Adviser 1
Ir. Chomaedi, CES. Geo
NIP 19550319 198403 1 001

Adviser 2
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP 19600105 198603 1 003

PROGRAM STUDY DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF INFRASTRUKTUR CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

**MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN JEMBATAN GRINDULU
BERBENTUK BUSUR BAJA DI KABUPATEN
PACITAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Terapan
Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 4 Juli 2017

Disusun Oleh :
MAHASISWA



HENDRA DARMAWAN

NRP. 3113 041 048

Disetujui Oleh :

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II



CHOMAEDHI, CES. Geo **Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.**

IP. 19550319 198403 1 001

NIP. 19600105 198603 1 003

02 AUG 2017



BERITA ACARA

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL


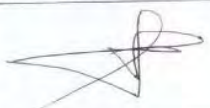
FAKULTAS VOKASI ITS



No. Agenda :

037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017



Tanggal : 7/27/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Jembatan Grindulu Berbentuk Busur Baja di Kabupaten Pacitan		
Nama Mahasiswa	Hendra Darmawan	NRP	3113041048
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Gbr 55/56 penjelasan gbr. wing wall 2. Petak sgt pemeliharaan tanggapan kabel tendangan ditutupi tdk. 3. Lembar pengesahan : kata "Sains" Dihapus.	 Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng., Ph.D. NIP 19620328 198803 1 001
1. Gbr. no 47/56 diperbaiki: gbr. gis box perumahan gis bus-bus dan dari samb. Perbaikan juga Fe 60x14mm 1. 2. Gbr. 33. lam sejenis spt itam no. 1.	 Ir. Sungkono, CES. NIP 19591130 198601 1 001
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng., Ph.D.	Ir. Sungkono, CES.	-	-
NIP 19620328 198803 1 001	NIP 19591130 198601 1 001	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan
Buku Laporan Tugas Akhir Terapan

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60118
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diolomasiol-lis.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Hendra Darmawan **2**
NRP : 1 313241048 **2**
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Jembatan Gandek Berbentuk Bujur Baga di Kabupaten Ponorogo
Dosen Pembimbing : Ir. Donu Pudji R. Ms., Ir. Chamaedi, C.E.S. Geo

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	9 Feb 2017	- Kombinasi nya dilengkapi menurut peraturan pembeban				
		- Profil rangka dibuat prinsip balok WF 400x900x...		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
2	9 April 2017	- Gek hors profil WF 400x900... box bga				
		- tebal plat disesuaikan di pasaran - box 600x900x..., WF 600x...,...		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
3	11 April 2017	- fy dan fe disesuaikan di busur pasaran, semakin tebal makin semakin				
		- Struktur tepi busur di pertinggi tengah busur mengesil		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
4	1 Mei 2017	- Profil di rap bukt sendiri				
		- Pancang jarak tdk hors sama - Boleh profil WF boleh profil box di se sesuai kebutuhan, ratio 7/0,7		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
5	9 Mei 2017	- lendutan di cek, load faktor layan → Pondasi, landutan				
		- aspal dengan ti tebal 7cm		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Tertambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL



Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Hendra Darmawan 2
NRP : 1 3113091098 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Jembatan Genduk
 Berbentuk Busur Baga Di Kabupaten Pacitan
Dosen Pembimbing : 1. Chomaedi, Des. Geo ; 1. Ibnu Pudji Rahardjo, Mts

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	15 Mei 2017	- R = 1,5 untuk bangunan atas R = 1 untuk bangunan bawah				
		Kemiringan pancang diganti 1/8		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	24 Mei 2017	- Diameter pancang lebih baik				
		diperluas tapi banyak				
		- Konfigurasi pancang dibetulkan		B	C	K
		- Perletakan diganti linier		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN JEMBATAN GRINDULU BERBENTUK BUSUR BAJA DI KABUPATEN PACITAN

Nama Mahasiswa : HENDRA DARMAWAN
NRP : 3113 041 048
Departemen : Diploma IV Civil Engineering
Dosen Pembimbing : 1. Ir. CHOMAEDI, CES. Geo
2. Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS
NIP : 1. 19550319 198403 1 001
2. 19600105 198603 1 003

ABSTRAK

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan alur transportasi melintasi rintangan yang ada tanpa menutupinya. Rintangan bisa berupa sungai, jurang, ruas jalan tidak sebidang dan lain sebagainya, sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintasi dengan lancar dan aman. Dalam tugas akhir ini akan direncanakan struktur jembatan menggunakan busur rangka batang baja yang melewati sungai Grindulu, Kabupaten Pacitan dengan bentang total 354 m. Dipilihnya jembatan baja dengan rangka batang busur karena lebih efisien untuk jembatan bentang panjang dengan pilar yang tidak mengganggu aliran sungai.

Peraturan pembebanan yang dipakai untuk merencanakan jembatan ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-12-2004, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa 2833-201X (Jembatan). yang merupakan pedoman peraturan untuk merencanakan sebuah jembatan. Tahap awal adalah perhitungan lantai kendaraan, gelagar memanjang dan melintang, dilanjutkan dengan analisastruktur utama dan sekunder menggunakan SAP 2000

Dari hasil perhitungan modifikasi desain struktur Jembatan Grindulu didapat profil utama busur menggunakan profil box 900.600.26.26; 900.600.20.20; 900.600.18.18; 900.600.50.50; 800.600.10.10. Profil WF 600.300.12.19; 600.200.6.16; 600.300.6.12. Dibahas juga mengenai metode pelaksanaan Jembatan Grindulu dengan system struktur rangka batang metode *balanced cantilever*

Kata Kunci : Jembatan busur rangka baja, abutment, pilar, pondasi tiang pancang

MODIFICATION STRUCTURE AND METHOD OF STEEL BRIDGE GRINDULU SHAPED ARC IN THE DISTRICT PACITAN

Student Name : Hendra Darmawan
Student Number : 3113 041 048
Department : Diploma IV Civil Engineering
Adviser : 1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Raharrdjo, MS
NIP : 1. 19550319 198403 1 001
2. 19600105 198603 1 003

ABSTRACT

The bridge is a building structure that serves to connect the flow of transport across the obstacles that exist without covering it. Barriers may be rivers, ravines, non-sectional roads and so on, allowing vehicles, trains and pedestrians to pass smoothly and safely. In this final project will be planned the structure of the bridge using steel rod bows that pass through the river Grindulu, Pacitan regency with a total span of 354 m. The choice of steel bridge with the frame of the bow because it is more efficient for long-span bridges with pillars that do not disrupt the flow of the river.

The loading regulations used to plan the bridge refer to the Naisal Standard of Indonesia (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-12-2004, Bridge Planning to Earthquake Load 2833-201X (Bridge). Which is the regulatory guideline for planning a bridge. The initial phase is the calculation of the floor of the vehicle, the longitudinal and transverse girder, followed by the main and secondary analysts using SAP 2000

From the calculation of design modification Grindulu Bridge structure obtained main profile arc using profile box 900.600.26.26; 900.600.20.20; 900.600.18.18; 900.600.50.50; 800.600.10.10. Profile WF 600.300.12.19; 600.200.6.16; 600.300.6.12. Also discussed about the implementation method of

Grindulu Bridge with a skeletal system structure of a balanced cantilever method.

Keyword : Arch steel framework bridge, abutment, pillar, pile foundation

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis telah menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dengan judul **“Modifikasi Struktur Dan Metode Pelaksanaan Jembatan Grindulu Berbentuk Busur Baja Di Kabupaten Pacitan”**

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak terlepas dari bantuan serta motivasi yang telah diberikan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran dalam menyusun Tugas Akhir Terapan ini.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat dan banyak memberikan dukungan moral maupun material serta doanya.
3. Bapak Ir. Chomaedi, CES. Geo, dan bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. selaku dosen pembimbing yang telah mendidik dan memberikan motivasi serta doa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini.
4. Teman-teman semua yang telah membantu dan memberikan saran dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir Terapan ini. Dan harapan kedepan semoga Tugas Akhir Terapan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca. Aamiin.

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
1.6. Peta Lokasi.....	4
1.7. Eksisting dan Rencana	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Umum	9
2.2. Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur	9
2.2.1. Bangunan Atas	9
2.2.2. Bangunan Bawah	12
2.3. Data Bahan.....	12
2.3.1. Beton	12
2.3.2. Baja	13
2.4. Analisa Pembebanan Struktur Jembatan.....	14
2.4.1. Beban Mati.....	14

2.4.2. Beban Hidup.....	15
2.4.3. Beban Lateral	18
2.5. Data Tanah	25
2.6. Perencanaan Bangunan Atas	25
2.6.1. Perencanaan Sandaran.....	25
2.6.2. Perencanaan Kerb.....	30
2.6.3. Perencanaan Pelat Lantai	31
2.6.4. Perencanaan Rangka Utama.....	34
2.6.5. Perencanaan Balok Memanjang dan Melintang.....	35
2.6.6. Perencanaan Sambungan.....	38
2.6.7. Perencanaan Perletakan.....	40
2.7. Perencanaan Bangunan Bawah	41
2.7.1. Perencanaan Kepala Jembatan	41
2.7.2. Perencanaan Pondasi	44
2.7.3. Pondasi Tiang Pancang Tunggal	44
2.7.4. Pondasi Tiang Pancang Kelompok	47
2.7.5. Tiang Miring	48
2.8. Metode Pelaksanaan Pekerjaan.....	50
2.9. Pemilihan Alat Berat.....	51
2.9.1. Alat Pancang	51
2.9.2. Crane	52
2.9.3. Dump Truk.....	52

2.9.4. Concrete Pump	52
2.9.5. Concrete Mixer	53
2.9.6. Tandem Roller.....	53
2.9.7. Asphalt Finisher	54
BAB III METODOLOGI	55
3.1. Pengumpulan Data	55
3.2. Studi Literatur	55
3.3. Preliminary Desain.....	55
3.4. Permodelan Struktur	56
3.5. Analisa Pembebanan.....	56
3.6. Kombinasi Beban.....	58
3.7. Analisa Struktur	59
3.8. Kontrol Kestabilan Struktur.....	60
3.9. Perencanaan Bangunan Bawah	61
3.10. Penggambaran Hasil Rencana.....	61
3.11. Diagram Alir Metodologi	62
BAB IV PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN.....	65
4.1. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan.....	65
4.1.1. Pembebanan	65
4.1.2. Perhitungan Momen.....	67
4.1.3. Kombinasi Beban Pada Pelat Lantai	70
4.1.4. Penulangan Plat Lantai.....	71
4.1.5. Kekuatan Plat Lantai Terhadap Geser.....	75

4.2. Perencanaan Sandaran.....	76
4.2.1. Perencanaan Pipa Sandaran.....	76
4.2.2. Perencanaan Tiang Sandaran	80
4.3. Perencanaan Kerb	84
BAB V PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN	87
5.1. Perencanaan Gelagar Memanjang Bentang 6 m	87
5.1.1. Pembebanan	88
5.1.2. Perhitungan Momen	90
5.1.3. Kontrol Kekuatan Lentur	90
5.1.4. Kontrol Lendutan	92
5.1.5. Kontrol Geser	92
5.1.6. Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit).....	94
5.1.7. Perhitungan Shear Connector.....	97
5.2. Perencanaan Gelagar Memanjang Bentang 4 m	99
5.2.1. Pembebanan	100
5.2.2. Perhitungan Momen	102
5.2.3. Kontrol Kekuatan Lentur	102
5.2.4. Kontrol Lendutan	104
5.2.5. Kontrol Geser	104
5.2.6. Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit).....	106
5.2.7. Perhitungan Shear Connector.....	110
5.3. Perencanaan Gelagar Melintang	112

5.3.1. Pembebanan	112
5.3.2. Perhitungan Momen	114
5.3.3. Kontrol Kekuatan Lentur	117
5.3.4. Kontrol Lendutan	118
5.3.5. Kontrol Geser	119
5.3.6. Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit).....	121
5.3.7. Perhitungan Shear Connector.....	125
BAB VI KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA	129
6.1. Umum	129
6.2. Pembebanan	129
6.3. Kombinasi Pembebanan.....	147
6.4. Pemodelan Struktur.....	148
6.5. Batang Penggantung	148
6.5.1. Kontrol Batang Penggantung	150
6.6. Konstruksi Busur	152
6.6.1. Rangka Pada Jembatan Busur Bentang 210 m.....	154
6.6.2. Rangka Pada Jembatan Bentang 44 m	171
6.6.3. Rangka Pada Jembatan Bentang 100 m	180
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	189
7.1. Ikatan Angin Atas	189
7.2. Ikatan Angin Bawah	215
7.3. Portal Akhir.....	233
7.3.1. Portal Akhir Busur	233

7.3.2. Portal Akhir Rangka.....	240
7.4. Perhitungan Sambungan	247
7.4.1. Sambungan Balok Memanjang Dengan Melintang...	247
7.4.2. Sambungan Balok Melintang Dengan Busur Box	249
7.4.3. Sambungan Las Pada Box.....	251
7.4.4. Sambungan Batang Penggantung Dengan Box.....	255
7.4.5. Sambungan Pada Jembatan Busur Bentang 210 m ...	257
7.4.6. Sambungan Pada Jembatan Rangka Bentang 44 m...	269
7.4.7. Sambungan Pada Jembatan Rangka Bentang 100 m.	276
7.4.8. Sambungan Pada Portal Akhir	283
7.5. Perencanaan Perletakan.....	285
7.5.1. Perencanaan Perletakan Sendi.....	285
7.5.2. Perencanaan Perletakan Rol	289
BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH	293
8.1. Data Umum Jembatan	293
8.2. Perencanaan Abutmen.....	293
8.2.1. Pembebanan	293
8.2.2. Kombinasi Pembebanan.....	302
8.2.3. Pemodelan Struktur	303
8.2.4. Analisa Struktur	305
8.2.5. Perhitungan Struktur Pondasi.....	306
8.2.6. Kontrol Geser Pada Kolom Abutment	311

8.2.7. Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate	311
8.2.8. Perencanaan Tulangan Abutmen.....	316
8.3. Perencanaan Pilar.....	321
8.3.1. Pembebanan	321
8.3.2. Kombinasi Pembebanan.....	328
8.3.3. Pemodelan Struktur.....	329
8.3.4. Analisa Struktur	331
8.3.5. Perhitungan Struktur Pondasi.....	332
8.3.6. Kontrol Gese Pada Kolom Pilar.....	336
8.3.7. Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate	336
8.3.8. Perencanaan Tulangan Pilar.....	341
8.4. Perencanaan Wingwall.....	346
8.4.1. Pembebanan	346
8.4.2. Pemodelan Struktur.....	349
8.4.3. Perencanaan Tulangan Wingwall.....	349
8.5. Perencanaan Plat Injak.....	353
8.5.1. Analisa Plat Injak.....	353
8.5.2. Penulangan Plat Injak.....	354
BAB IX METODE PELAKSANAAN	357
9.1. Metode Pelaksanaan Jembatan Busur Baja.....	357
9.2. Perhitungan Metode Pelaksanaan	372
9.3. Pemeliharaan Jembatan.....	379

BAB X PENUTUP	391
10.1.Kesimpulan	391
10.2.Saran	394
DAFTAR PUSTAKA.....	395
LAMPIRAN	397

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Indonesia.....	4
Gambar 1.2 Jawa timur	4
Gambar 1.3 Lokasi Jembatan Grindulu Yang Terletak Di Provinsi Jawa Timur (Pacitan).....	4
Gambar 1.4 Tampak Samping Jembatan Eksisting	5
Gambar 1.5 Rencana Bentang Jembatan Busur	5
Gambar 1.6 Rencana Bentang Jembatan Busur (gambar diperbesar)	5
Gambar 1.7 Rencana Pilar Jembatan Yang Dihilangkan	6
Gambar 1.8 Tampak Samping Jembatan Busur Rencana	6
Gambar 1.9 Tampak Melintang Jembatan Eksisting.....	7
Gambar 1.10 Tampak Melintang Jembatan Busur	7
Gambar 2.1 Jembatan <i>Deck Arch</i>	9
Gambar 2.2 Jembatan <i>Through Arch</i>	10
Gambar 2.3 Jembatan <i>A Half – Though Arch</i>	10
Gambar 2.4 Beban Garis Terpusat	15
Gambar 2.5 Beban Truk	16
Gambar 2.6 Baban Lajur D	17
Gambar 2.7 Grafik Gaya Rem.....	18
Gambar 2.8 Respon Spektrum Rencana	21
Gambar 2.9 Permodelan Mekanika Pembebanan Akibat Beban Vertikal Pada Pipa.....	26
Gambar 2.10 Resultan Momen Pada Pipa Sandaran	27
Gambar 2.11 Permodelan Pada Tiang Sandaran	27
Gambar 2.12 Asumsi Struktur Pada Tiang Sandaran	28
Gambar 2.13 Permodelan Pada Kerb	30
Gambar 2.14 Distribusi Geser Pons	32
Gambar 2.15 Robekan Baut Terhadap Plat Sambung.....	39

Gambar 2. 16 Perletakan Sendi Dapat Dibuat Dari Konstruksi	
Baja	41
Gambar 2. 17 Perletakan Rol Dapat Dibuat Dari Konstruksi	
Baja	41
Gambar 2.18 Grafik Gaya Rem.....	43
Gambar 2.19 Daya Dukung Tiang Pancang	44
Gambar 2.20 Diagram Perhitungan Dukung Ultimate Tanah	
Pondasi Pada Ujung Tiang.....	45
Gambar 2.21 Definisi Jarak S Dalam hitungan Efisiensi Tiang ..	48
Gambar 2.22 Alat Pancang.....	51
Gambar 2.23 Crane.....	52
Gambar 2.24 Dump Truk	52
Gambar 2.25 Concrete Pump.....	53
Gambar 2.26 Concrete Mixer	53
Gambar 2.27 Tandem Roller	53
Gambar 2.28 Asphalt Finisher.....	54
Gambar 3.1 Permodelan Struktur Jembatan Busur.....	56
Gambar 4.1 Lantai kendaraan.....	65
Gambar 4.2 Distribusi Geser Pons	75
Gambar 4.3 Beban Yang Bekerja Pada Pipa Sandaran	76
Gambar 4. 4 Profil Pipa Sandaran	77
Gambar 4.5 Permodelan struktur akibat beban vertikal	77
Gambar 4.6 Permodelan Struktur Akibat Beban Horizontal	78
Gambar 4.7 Permodelan Struktur Akibat Beban Resultan	78
Gambar 4.8 Detail Tiang Sandaran	80
Gambar 4.9 Detail Penulangan Tiang Sandaran.....	83
Gambar 4.10 Gaya Yang Bekerja Pada Kerb	84
Gambar 4.11 Detail Penulangan Kerb.....	86
Gambar 5.1 Detail Perencanaan Gelagar.....	87

Gambar 5.2 Pembebanan Pada Beban Mati	88
Gambar 5.3 Pembebanan BTR dan BGT	88
Gambar 5.4 Pembebanan Truk	89
Gambar 5.5 Distribusi Gaya Pada Penampang.....	94
Gambar 5.6 Gelagar Komposit.....	96
Gambar 5.7 Detail Perencanaan Gelagar.....	99
Gambar 5.8 Pembebanan Pada Beban Mati	100
Gambar 5.9 Pembebanan BTR dan BGT	100
Gambar 5.10 Pembebanan Truk	101
Gambar 5.11 Distribusi Gaya Pada Penampang.....	106
Gambar 5.12 Gelagar Komposit.....	108
Gambar 5.13 Pembebanan Gelagar Melintang.....	112
Gambar 5.14 Pembebanan Gelagar Melintang.....	113
Gambar 5.15 Pembebanan Akibat BTR dan BGT	115
Gambar 5.16 Pembebanan Akibat Truk (Kondisi 1).....	116
Gambar 5.17 Pembebanan Akibat Truk (Kondisi 2).....	116
Gambar 5.18 Beban Merata Geser Sebelum Komposit.....	119
Gambar 5.19 Beban Merata Geser Setelah Komposit.....	119
Gambar 5.20 Gaya Geser Akibat BTR+BGT Tak Simetris.....	119
Gambar 5.21 Distribusi Gaya Pada Penampang.....	122
Gambar 5.22 Gelagar Komposit.....	123
Gambar 5.23 Profil <i>Shear Connector</i>	127
Gambar 6.1 Hasil Input Beban Pelat	130
Gambar 6.2 Hasil Input Beban Aspal.....	130
Gambar 6.3 Hasil Input Beban Hujan	131
Gambar 6.4 Hasil Input Beban Pejalan Kaki.....	131
Gambar 6.5 Hasil Input Beban Pejalan Kaki.....	132
Gambar 6.6 Hasil Input Beban Sandaran	132
Gambar 6.7 Hasil Input Beban Trotoar	133

Gambar 6.8 Hasil Input Beban BTR (tipe A)	134
Gambar 6.9 Hasil Input Beban BTR (tipe B)	134
Gambar 6.10 hasil Input Beban BTR (tipe C)	135
Gambar 6.11 Hasil Input Beban BGT	135
Gambar 6.13 Hasil Input Beban Rem.....	136
Gambar 6.12 Gaya Rem Per Lajur 2,75 m	136
Gambar 6.14 Beban Angin Pada konstruksi Busur	137
Gambar 6.15 Hasil Input Beban Angin	138
Gambar 6.16 Data Tanah Untuk Menentukan Jenis Tanah	141
Gambar 6.17 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek (Ss).....	142
Gambar 6.18 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode 1 detik (S1).....	142
Gambar 6.19 Bentuk Tipikal Respon Spektrum.....	143
Gambar 6.20 Grafik Respon Spektrum 7% 75 tahun	145
Gambar 6.21 Input Grafik Respon Spectrum Pada Sap	145
Gambar 6.22 Input Faktor Modifikasi Respon Pada Sap	146
Gambar 6.23 Pemodelan Struktur Jembatan Busur	148
Gambar 6.24 Kabel Penggantung Yang Ditinjau	148
Gambar 6.25 Profil Kabel.....	151
Gambar 6.26 Konstruksi Pemikul Utama.....	152
Gambar 6.27 Penampang Box Busur Tengah Batang Atas	154
Gambar 6.28 Penampang Box Busur Tengah Batang Bawah ...	155
Gambar 6.29 Penampang WF Busur Tengah Batang Tegak	157
Gambar 6.30 Penampang WF Busur Tengah Batang Miring.....	158
Gambar 6.31 Penampang Box Busur Tengah Batang Tarik.....	160
Gambar 6.32 Penampang Box Busur Tepi Batang Atas.....	162
Gambar 6.33 Penampang Box Busur Tepi Batang Bawah.....	163
Gambar 6.34 Penampang Box Busur Tepi Batang Tegak.....	165

Gambar 6.35 Penampang WF Busur Tepi Batang Miring	166
Gambar 6.36 Penampang Box Busur Tepi Batang Tarik	168
Gambar 6.37 Lendutan Pada Jembatan Busur.....	170
Gambar 6.38 Rangka Pada Jembatan Bentang 44 m.....	171
Gambar 6.39 Penampang Box Rangka Luar Atas (44 m)	171
Gambar 6.40 Penampang Box Rangka Luar Bawah (44m)	173
Gambar 6.41 Penampang WF Rangka Miring (44m)	175
Gambar 6.42 Penampang WF Rangka Tegak (44m).....	177
Gambar 6. 43 Lendutan Pada Jembatan 44 m	179
Gambar 6.44 Rangka Pada Jembatan Bentang 100 m.....	180
Gambar 6. 45 Penampang Box Rangka Luar Atas (100m)	180
Gambar 6. 46 Penampang Box Rangka Luar Bawah (100m) ...	182
Gambar 6.47 Penampang Box Rangka Miring (100m).....	184
Gambar 6.48 Penampang WF Rangka Tegak (100m).....	186
Gambar 6. 49 Lendutan Pada Jembatan 100 m	188
<u>Gambar 7.1 Ikatan Angin Atas Busur</u>	<u>189</u>
Gambar 7.2 Ikatan Angin Atas Pada Bentang 44 m.....	194
Gambar 7.3 Ikatan Angin Atas Pada Bentang 100 m.....	197
Gambar 7.4 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 441	200
Gambar 7.5 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 75	201
Gambar 7.6 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 463	202
Gambar 7.7 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 952.....	208
Gambar 7.8 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 946	209
Gambar 7.9 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 2271	210
Gambar 7.10 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 2246	212
Gambar 7.11 Ikatan Angin Bawah Busur	215
Gambar 7.12 Ikatan Angin Bawah Pada Bentang 44 m	218
Gambar 7.13 Ikatan Angin Bawah Pada Bentang 100 m	220
Gambar 7.14 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 2438	222

Gambar 7.15 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 2404	223
Gambar 7.16 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 735	227
Gambar 7.17 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 2399	229
Gambar 7.18 Portal Akhir Busur.....	233
Gambar 7.19 Model Mekanika Kolom Portal Akhir Busur	235
Gambar 7.20 Portal Akhir Rangka	240
Gambar 7.21 Model Mekanika Kolom Portal Akhir Rangka....	242
Gambar 7. 22 Sambungan Balok Memanjang Dengan Melintang.....	249
Gambar 7. 23 Sambungan Balok Melintang Dengan Busur Box.....	251
Gambar 7. 24 Detail Sambungan Las Box	251
Gambar 7. 25 Sambungan Kabel.....	255
Gambar 7.26 Sambungan Busur Batang Atas	258
Gambar 7.27 Sambungan Busu Batang Bawah.....	259
Gambar 7.28 Sambungan Busur Batang Tegak.....	261
Gambar 7.29 Sambunga Busur Batang Tegak.....	262
Gambar 7.30 Sambungan Busur Batang Tarik.....	263
Gambar 7.31 Sambungan Rangka Batang Atas (44m).....	270
Gambar 7.32 Sambungan Rangka Batang Bawah (44m)	271
Gambar 7.33 Sambungan Rangka Batang Miring (44m)	273
Gambar 7.34 Sambungan Rangka Batang Tegak (44m)	274
Gambar 7.35 Sambungan Rangka Batang Atas (100m).....	277
Gambar 7.36 Sambungan Rangka Batang Bawah (100)	278
Gambar 7.37 Sambungan Rangka Batang Miring (100m)	279
Gambar 7.38 Sambungan Rangka Batang Tegak (100m)	280
Gambar 7.39 Detail Pada Perletakan Engsel	286
Gambar 7.40 Detail Pen Engsel.....	288
Gambar 7. 41 Perletakan Rol.....	290

Gambar 8.1 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Abutment	293
Gambar 8.2 Hasil Input Beban Mati.....	294
Gambar 8.3 Hasil Input Beban BGT	295
Gambar 8.4 Hasil Input Beban BTR	295
Gambar 8.5 Hasil Input Beban Rem.....	296
Gambar 8.6 Hasil Input Beban Angin	297
Gambar 8.7 Distribusi Tekanan Tanah Aktif (menurut Rankine).....	298
Gambar 8.8 Hasil Perhitungan Distribusi Tekanan Tanah Aktif.....	298
Gambar 8.9 Input Nilai C dan D Pada SAP	299
Gambar 8.10 Input Beban Tekanan Tanah.....	299
Gambar 8.11 Hasil Input Beban Tekanan Tanah	300
Gambar 8.12 Respon Spektrum 7% dalam 75 tahun.....	301
Gambar 8.13 Input Grafik respon spektrum pada sap.....	301
Gambar 8.14 Input Koefisien Modifikasi Respon Pada Sap	302
Gambar 8.15 Pemodelan Struktur Abutment	303
Gambar 8.16 Stress Ratio Pada Tiang Pancang Abutment	305
Gambar 8.17 Data Tanah Untuk Merencanakan Pondasi Abutment.....	306
Gambar 8.18 Diagram Perhitungan Dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang.....	308
Gambar 8.19 Segmen Abutment	316
Gambar 8. 20 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Pilar.....	321
Gambar 8.21 Hasil Input Beban Mati	322
Gambar 8.22 Hasil Input Beban BGT	322
Gambar 8.23 Hasil Input Beban BTR	323
Gambar 8.24 Hasil Input Beban Rem	323
Gambar 8.25 Hasil Input Beban Angin	324

Gambar 8.26 Koefisien Seret Untuk Pilar	324
Gambar 8.27 Hasil Input Beban Aliran	325
Gambar 8.28 Hasil Input Beban Tumbukan Batang Kayu	326
Gambar 8. 29 Garfik Respon Spektrum 7% Dalam 75 Tahun ..	327
Gambar 8. 30 Input Grafik Respon Spektrum Pada Sap	327
Gambar 8. 31 Input Koefisien Modifikasi Respon Pada Sap	328
Gambar 8. 32 Pemodelan Struktur Pilar.....	329
Gambar 8. 33 Stress Ratio Pada Tiang Pancang Pilar	331
Gambar 8.34 Diagram Perhitungan Dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang.....	333
Gambar 8.35 Segmen Pilar	341
Gambar 8.36 Distribusi Tekanan Tanah Aktif (menurut Rankine)	346
Gambar 8.37 Hasil Perhitungan Distribusi Tekanan Tanah Aktif.....	347
Gambar 8.38 Input Nilai C dan D Pada SAP	347
Gambar 8.39 Hasil Input Beban Tekanan Tanah	348
Gambar 8.40 Input Beban Tekanan Tanah.....	348
Gambar 8.41 Pemodelan Struktur Wingwall.....	349
Gambar 8.42Dimensi Plat Injak	353
Gambar 8.43 Detai Penulangan Plat Injak.....	356
Gambar 9.1 Pembuatan Direksi Kit.....	357
Gambar 9.2 Pengadaan Gudang, Alat dan bahan	358
Gambar 9.3 Pembuatan Pagar Proyek	358
Gambar 9.4 Pengukuran Awal.....	359
Gambar 9.5 Proses Pemancangan.....	359
Gambar 9.6 Proses Penulangan Bangunan Bawah	360
Gambar 9.7 Pemasangan Bekisting	360
Gambar 9.8 Proses Pengecoran Bangunan Bawah	360

Gambar 9.9 Proses Pabrikasi Baja	361
Gambar 9.10 Proses Galvanizing	361
Gambar 9.11 Pemasangan Temporary Tower	362
Gambar 9.12 Pemasangan Traveler.....	363
Gambar 9.13 Pemasangan Crane.....	363
Gambar 9.14 Mobilisasi Menggunaka Kapal Ponton.....	364
Gambar 9.15 Pemasangan Segmen 1	364
Gambar 9.16 Pemasangan Kabel Penahan Segmen 1	365
Gambar 9.17 Pemasangan Segmen 2 - 15	366
Gambar 9.18 Pemasangan Segmen 16	367
Gambar 9.19 Pemasangan Kabel Penahan Segmen 16	367
Gambar 9.20 Pemasangan Segmen 17 - 22	368
Gambar 9.21 Pemasangan Kabel Penahan Segmen 17 - 22	369
Gambar 9. 22 Pemasangan Kabel Jembatan.....	369
Gambar 9. 23 Pemasangan Gelagar Memanjang Dan Ikatan Angin Bawah.....	370
Gambar 9. 24 Pangecoran Plat Lantai Dan Pekerjaan Finishing.....	371
Gambar 9. 25 Pelepasa Temporary Tower	371
Gambar 9.26 Kondisi Normal	379
Gambar 9.27 Kondisi 1	379
Gambar 9.28 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Samping)	380
Gambar 9.29 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Atas).....	380
Gambar 9.30 Kondisi 2	380
Gambar 9.31 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Samping)	381
Gambar 9.32 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Atas).....	381
Gambar 9.33 Kondisi 3	381
Gambar 9.34 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Samping)	382
Gambar 9.35 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Atas).....	382

DAFTAR TABEL

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
Tabel 2.1 Berat Sendiri Beton	12
Tabel 2.2 Berat Jenis Beton.....	12
Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton Nominal.....	13
Tabel 2.4 Sifat Mekanis Baja	13
Tabel 2.5 Berat Sendiri Baja	14
Tabel 2.6 Faktor Beban Pejalan Kaki.....	17
Tabel 2.7 Kelas Situs.....	19
Tabel 2.8 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA} / F_a)	20
Tabel 2.9 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 detik (F_v).....	20
Tabel 2.10 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Bawah.....	22
Tabel 2.11 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Antar Elemen Struktur.....	23
Tabel 2.12 Koefisien Seret (C_w).....	24
Tabel 2.13 Kecepatan Angin Rencana (V_w).....	24
Tabel 2.14 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana.....	24
Tabel 2.15 Kelas Situs.....	25
Tabel 2.16 Ukuran Minimu Las Sudut	40
Tabel 2.17 Faktor Keamanan	46
Tabel 3.1 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan ultimate	58
Tabel 3.2 Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja	58
Tabel 4.1 Kecepatan Angin	66
Tabel 4.2 Rekapitulasi Momen Lapangan Dan Tumpuan Pada Plat	70

Tabel 4.3 Kombinasi 1 Momen Lapangan Pada Pelat.....	70
Tabel 4.4 Kombinasi 2 Momen Lapangan Pada Pelat.....	70
Tabel 4.5 Kombinasi 1 Momen Tumpuan Pada Pelat	71
Tabel 4.6 Kombinasi 2 Momen Tumpuan Pada Pelat	71
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang	89
Tabel 5.2 Garis Netral Penampang Komposit	97
Tabel 5.3 Momen Inersia Penampang	97
Tabel 5.4 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang	101
Tabel 5.5 Garis Netral Penampang Komposit	109
Tabel 5.6 Momen Inersia Penampang	109
Tabel 5.7 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Melintang.....	114
Tabel 5.8 Garis Netral Penampang Komposit	124
Tabel 5.9 Momen Inersia Penampang	125
Tabel 6.1 Beban Angin Pada Busur dan Batang Penggantung..	139
Tabel 6.2 Beban Angin Pada Batang Tarik	140
Tabel 6.3 Koefisien Situs, F_a	143
Tabel 6.4 Koefisien Situs, F_v	143
Tabel 6.5 Perhitungan Respon Spektrum	144
Tabel 6.6 Kombiasi Pembebanan	147
Tabel 6.7 Panjang Penggantung	149
Tabel 6.8 Gaya Yang Terjadi Pada Batang Penggantung.....	150
Tabel 6.9 Persamaan Parabola Busur	153
Tabel 7.1 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Atas Busur .	204
Tabel 7.2 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Atas (44m) .	210
Tabel 7.3 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Atas (100m)	213
Tabel 7.4 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Bawah Busur	224

Tabel 7.5 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Bawah (44m).....	228
Tabel 7.6 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Bawah (100m).....	230
Tabel 7.7 Rekapitulasi Jumlah Baut Jembatan Busur	264
Tabel 7.8 Rekapitulasi Jumlah Baut Jembatan Rangka (44m) ..	275
Tabel 7. 9 Rekapitulasi Jumlah Baut Jembatan Rangka (100) ..	281
Tabel 7.10Tabel Untuk Menentukan Kursi Perletakan	285
Tabel 8.1 Kombinasi Beban Perencanaan Untuk Tegangan Kerja.....	302
Tabel 8.2 Tabel Perhitungan Gaya Spring Pada Tiang Pancang	304
Tabel 8. 3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	309
Tabel 8. 4 Resume Kemampuan Tiang Pancang Abutmen	310
Tabel 8. 5 Panjang Penyaluran Dan Base Plate.....	315
Tabel 8.6 Resume Kebutuhan Tulangan Abutment	320
Tabel 8.7 Lendutan Ekuivalen Untuk Tumbukan Batang Kayu	325
Tabel 8. 8 Kombinasi Beban Perencanaan Untuk Tegangan Kerja.....	328
Tabel 8.9Tabel Perhitungan Gaya Spring Pada Tiang Pancang	330
Tabel 8.10 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	334
Tabel 8. 11 Resume Kemampuan Tiang Pancang Pilar	335
Tabel 8.12 Resume Panjang Penyaluran Dan Base Plate.....	340
Tabel 8.13 Resume Kebutuhan Tulangan Pilar	345
Tabel 9.1Kabel Penahan Busur Per Segmen	372
Tabel 9.2Kabel Penahan Temporary Tower Dari Busur	373
Tabel 9.3 Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer.....	374
Tabel 9.4 Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer (Gaya Vertikal)	375

Tabel 9.5 Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer (Gaya
Horizontal)376

Tabel 9. 6 Kabel Penarik Jembatan Busur.....377

Tabel 9. 7Kabel Penahan Temporary Tower378

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu kebutuhan yang penting dalam menggerakkan roda perekonomian masyarakat, selain untuk mempersingkat waktu tempuh dan memindahkan suatu objek, transportasi juga berfungsi untuk melancarkan hubungan antara satu lokasi dengan lokasi yang lain dan kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi di Indonesia dilihat dari tahun ke tahun mengalami fase perkembangan dan peningkatan. Untuk mendukung peningkatan kebutuhan sarana dan prasarana dalam akses transportasi tersebut, maka dinas Pekerjaan Umum (PU) Pemerintah Kabupaten Pacitan melakukan realisasi dalam pembangunan jembatan yang berlokasi di Sungai Grindulu, Kabupaten Pacitan.

Jembatan Grindulu Pacitan merupakan perencanaan jembatan yang melewati sungai Grindulu penghubung ruas jalan W.R Supratman atau Teleng menuju kota Trenggalek. Perencanaan Jembatan ini mempunyai panjang bentang 750 m lebar jembatan 13,5 m dan lebar jalan 10,5 m yang terbagi atas dua lajur dua arah. Struktur pada bangunan atas Jembatan Grindulu menggunakan beton pratekan (*Prestressed Concrete*)

Pada Tugas Akhir ini Jembatan Grindulu tersebut direncanakan ulang menggunakan Jembatan Baja Busur dengan panjang bentang 354 m dan direncanakan lantai kendaraan dibawah dengan periode ulang gempa 1000 tahun. Dipilihnya Jembatan Baja Busur dengan lantai kendaraan dibawah pada Jembatan ini karena untuk bentang 150 - 400 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Baja Busur, pangkal busur tidak akan mengenai Muka Air Banjir (MAB), mampu mengurangi kebutuhan pilar jembatan, dan menambah nilai estetika pada jembatan tersebut

Data perencanaan Jembatan Grindulu akan diuraikan sebagai berikut:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Nama Proyek | : Perencanaan Teknik Jembatan Grindulu, Kabupaten Pacitan |
| 2. Pemilik Proyek | : Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Pacitan |
| 3. Lokasi Proyek | : Sungai Grindulu, Kabupaten Pacitan |
| 4. Bangunan Atas | : Busur Baja |
| 5. Bangunan Bawah | : Pondasi Tiang Pancang |
| 6. Periode Ulang Gempa | : 1000 tahun |

1.2. Rumusan Masalah

1. Merencanakan Jembatan Grindulu dengan menggunakan busur rangka batang baja di atas tanah lunak agar dapat menahan beban-beban yang diterimanya baik beban hidup maupun beban mati
2. Merencanakan metode pelaksanaan pada pembangunan perencanaan jembatan busur
3. Menggambarkan hasil dari desain struktur jembatan

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Perencanaan struktur bangunan atas jembatan.
2. Perencanaan struktur bangunan bawah jembatan dan pondasi.
3. Perencanaan sistem perletakan jembatan.
4. Perencanaan struktur bangunan pelengkap jembatan.
5. Analisa metode struktur baja pada jembatan busur
6. Tidak membahas RAB pada tugas akhir ini.

1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai pada proyek akhir ini adalah :

1. Untuk mendapatkan perhitungan perencanaan jembatan dengan menggunakan baja
2. Untuk mendapatkan desain dan dimensi profil struktur rangka pada bangunan atas
3. Untuk mendapatkan desain dan penulangan struktur bangunan bawah
4. Untuk mendapatkan desain dan penulangan struktur pada bangunan pelengkap.
5. Untuk mendapatkan desain dari abutmen yang sesuai dengan perencanaan.
6. Untuk mendapatkan hasil gambar dari struktur yang direncanakan
7. Untuk mendapatkan metode pelaksanaan pada pembangunan perencanaan jembatan busur.

1.5. Manfaat

Dalam penyusunan tugas akhir ini, mahasiswa diharapkan mampu dan kreatif dalam menyusun tugas akhir. Penyusunan tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa, intuisi, serta instansi terkait. Dan diharapkan mahasiswa mampu merencanakan jembatan baik dari gambar maupun perhitungan perencanaan dalam bentuk tugas akhir. Dan dari penyusunan tugas akhir ini manfaat yang dapat diambil :

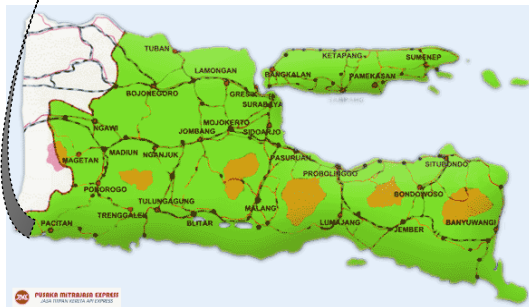
1. Untuk dijadikan sebagai proyek tugas akhir yang menjadi syarat kelulusan.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan keseluruhan ilmu yang telah dipelajari selama proses kuliah
3. Mahasiswa mendapat ilmu tambahan, khususnya di bidang teknik sipil
4. Mahasiswa dapat mengetahui proses perencanaan dan pelaksanaan yang terjadi dalam suatu proyek jembatan

1.6. Peta Lokasi



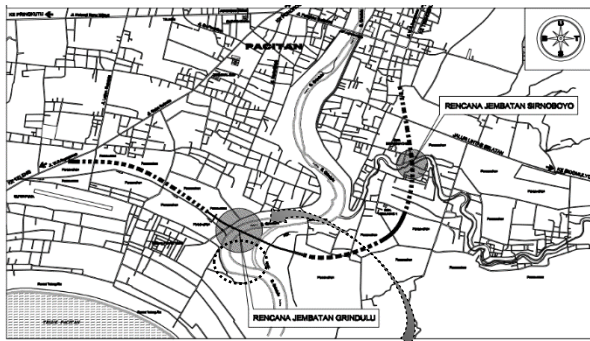
Gambar 1.1 Peta Indonesia

Sumber: Google.com



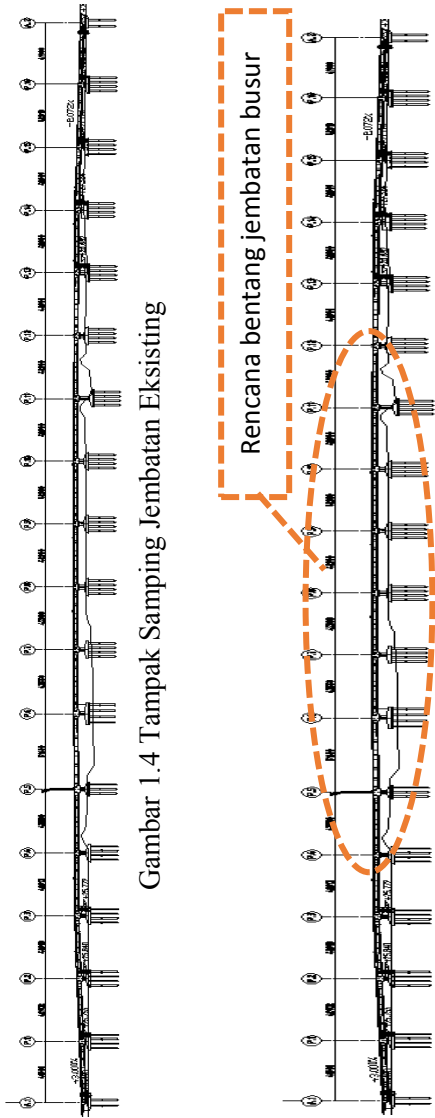
Gambar 1.2 Jawa timur

Sumber: Google.com

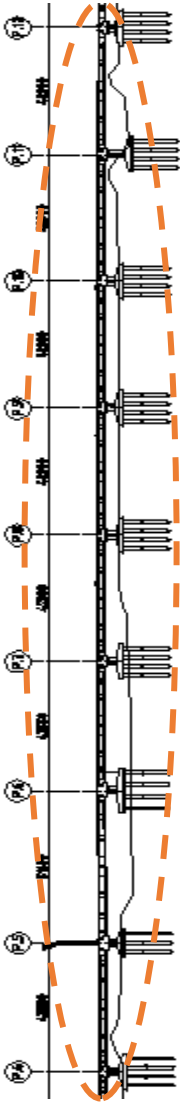


Gambar 1.3 Lokasi Jembatan Grindulu Yang Terletak Di Provinsi Jawa Timur (Pacitan)

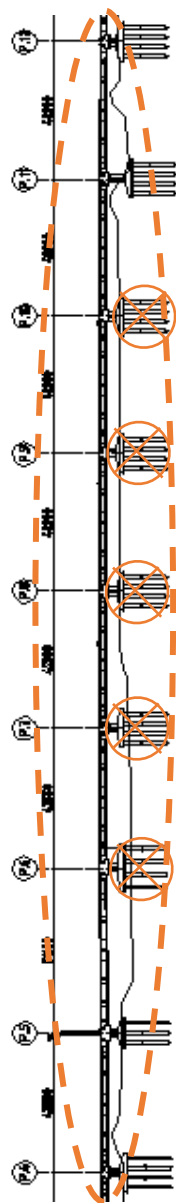
1.7. Eksisting dan Rencana



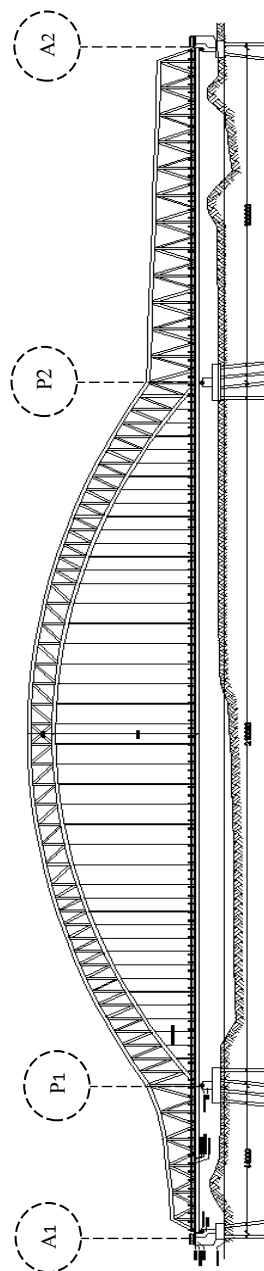
Gambar 1.5 Rencana Bentang Jembatan Busur



Gambar 1.6 Rencana Bentang Jembatan Busur (gambar diperbesar)



Gambar 1.8 Rencana Pilar Jembatan Yang Dihilangkan



Gambar 1.8 Tampak Samping Jembatan Busur Rencana

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berguna untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan yang dimaksud adalah sungai, jurang, jalan lain. Sehingga memungkinkan kendaraan, seperti kereta api maupun pejalan kaki untuk melintas dengan lancar dan aman. Jembatan rangka busur adalah suatu struktur jembatan yang rangkanya menyerupai bentuk busur yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal dari bangunan atas yang bekerja.

2.2. Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur

2.2.1. Bangunan Atas

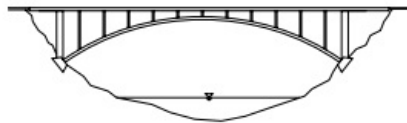
2.2.1.1. Struktur Primer

1. Lantai Jembatan

Berdasarkan lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis yang umum dipakai yaitu:

- *Deck Arch*

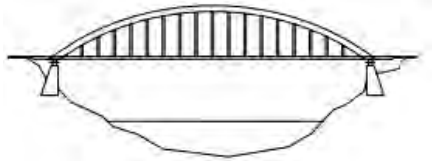
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu-lintas secara langsung dan berada di bagian paling atas busur



Gambar 2.1 Jembatan *Deck Arch*

- *Through Arch*

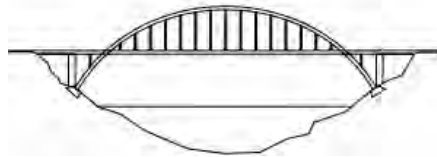
Merupakan jenis lainnya, dimana letak daripada lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya



Gambar 2.2 Jembatan *Through Arch*

- *A Half – Through Arch*

Dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah



Gambar 2.3 Jembatan *A Half – Though Arch*

2. Batang Lengkung

Batang lengkung merupakan bagian utama dari struktur jembatan ini, karena seluruh beban yang berada di sepanjang jembatan dipikul oleh komponen tersebut. Bagian struktur ini merubah gaya vertikal menjadi gaya horizontal

3. Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang merupakan komponen pada struktur jembatan yang menahan beban langsung dari plat lantai kendaraan yang letaknya arah memanjang jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai

4. Gelagar Melintang
Gelagar melintang merupakan komponen pada struktur jembatan yang berfungsi sebagai pengikat balok atau gelagar memanjang, komponen ini terletak arah melintang arah gelagar memanjang
5. Batang Penggantung
Komponen penghubung antara dek/lantai jembatan ke rangka utama yang berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke rangka utama/busur

2.2.1.2. Struktur Sekunder

1. Ikatan Angin
Ikatan angin berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada struktur bangunan atas jembatan
2. Ikatan Rem
Ikatan rem berfungsi untuk memikul gaya rem yang bekerja pada lantai kendaraan pada jembatan
3. Sambungan
Sambungan berfungsi menghubungkan beberapa bagian yang satu dengan yang lain pada suatu konstruksi jembatan rangka. Macam-macam jenis sambungan terdiri dari :
 - Sambungan Keling
 - Sambungan Baut
 - Sambungan Las
4. Perletakan
Perletakan terletak menumpu pada abutmen dan pilar. Fungsi dari perletakan sendiri adalah sebagai media menyalurkan beban dari bangunan atas ke abutmen yang kemudian diteruskan ke bagian pondasi.

2.2.2. Bangunan Bawah

1. *Abutmen*

Kepala jembatan (*abutmen*) merupakan suatu bangunan /bagian dari konstruksi jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi.

2. Pondasi

Pondasi adalah struktur bangunan bawah pada jembatan. Pondasi berfungsi meneruskan seluruh beban jembatan ke tanah dasar.

2.3. Data Bahan

2.3.1. Beton

1. Berdasarkan SNI T-12-2004 beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 MPa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembetonan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan.
2. Modulus elastisitas (E_c) untuk beton normal dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.3-1)$$

Dimana,

f_c' = Kuat tekan silinder beton 28 hari

Tabel 2.1 Berat Sendiri Beton

Berat sendiri KuMS	
Beton dicor	1.3

Sumber: RSNI T-02-2005

Tabel 2.2 Berat Jenis Beton

γ Beton	25 kN/m ³
----------------	----------------------

3. Tebal selimut beton

Tebal selimut beton direncanakan menurut keadaan lingkungan jembatan dan mutu beton yang digunakan, berdasarkan RSNI T-12-2004

Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton Nominal

Klasifikasi lingkungan	Tebal selimut beton nominal [mm] untuk beton dengan kuat tekan f_c' yang tidak kurang dari				
	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 MPa	40 MPa
A	35	30	25	25	25
B1	(65)	45	40	35	25
B2	-	(75)	55	45	35
C	-	-	(90)	70	60

Sumber: RSNI T-12-2004 Tabel 4.6

2.3.2. Baja

a. Tegangan Leleh

Sifat mekanis baja struktural menurut SNI T-03-2005 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Sifat Mekanis Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: RSNI T-03-2005 Tabel 1

Sifat-sifat mekanis baja structural lainnya untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut :

Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Angka poisson : $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

b. Tegangan Ijin

- Tegangan ijin pada pembebanan tetap
Tegangan ijin tarik pada tulangan non-prategang boleh diambil dari ketentuan di bawah ini:
 - Tulangan dengan $f_y = 300$ MPa, tidak boleh diambil melebihi 140 MPa.
 - Tulangan dengan $f_y = 400$ MPa, atau lebih, dan anyaman kawat las (polos atau ulir), tidak boleh diambil melebihi 170 MPa.
 - Untuk tulangan lentur pada pelat satu arah yang bentangnya tidak lebih dari 4 m, tidak boleh diambil melebihi $0,50 f_y$ namun tidak lebih dari 200 MPa.
- Tegangan ijin pada pembebanan sementara
Boleh ditingkatkan 30 % dari nilai tegangan ijin pada pembebanan tetap.

Tabel 2.5 Berat Sendiri Baja

Berat Sendiri KuMS	
Baja	1.1

Sumber: RSNI T-02-2005

2.4. Analisa Pembebanan Struktur Jembatan

Pada perencanaan jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban – beban yang terjadi pada jembatan. Beban – beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur jembatan serta banyaknya tulangan yang diperlukan. Pada peraturan teknik jembatan SNI T - 02 - 2005 Standar Pembebanan Jembatan

2.4.1. Beban Mati

Beban mati struktur jembatan adalah berat sendiri dari masing-masing bagian struktural jembatan dan berat mati

tambahan yang berupa berat perkerasan. Masing-masing berat bagian tersebut harus dianggap sebagai aksi yang saling terkait.

2.4.2. Beban Hidup

Beban hidup pada jembatan meliputi :

1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu-lintas untuk perencanaan struktur jembatan terdiri dari beban lajut “ D ” dan beban truk “ T “

a.) Beban Lajur “ D ”

Beban lajur D bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada girder yang ekivalen dengan iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Intensitas beban D terdiri dari beban tersebar merata dan beban garis

1) Beban Terbagi Merata (BTR = q)

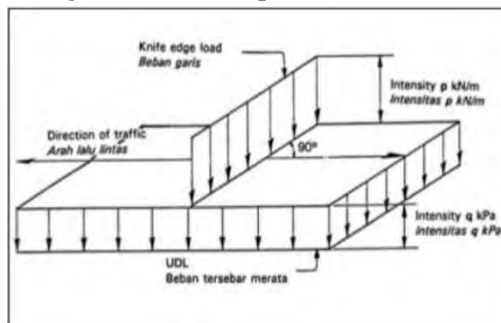
Dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L) sebagai berikut :

- $q = 9,0 \text{ kN/m}^2$ (untuk $L < 30 \text{ m}$)

- $q = 8,0 (0,5 + 15/L) \text{ kN/m}^2$ (untuk $L > 30 \text{ m}$)

2) Beban Garis Terpusat (BGT = P)

Beban garis “ P ” ditetapkan sebesar 49 kN/m .

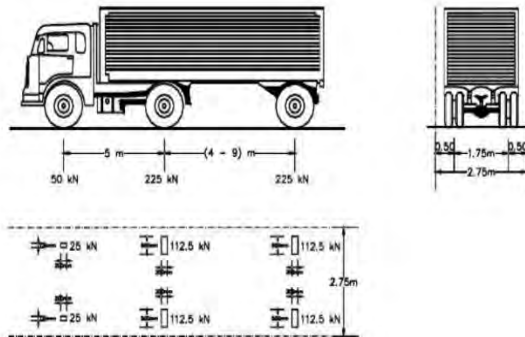


Gambar 2.4 Beban Garis Terpusat

Sumber: RSNI T-03-2005 Gambar 3

b.) Beban Truk “T”

Beban truk “T” adalah berat kendaraan tunggal dengan 3 as yang ditempatkan dengan beberapa posisi yang digunakan untuk menganalisis pelat pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua pembebanan bidang kontak yang dimaksud agar mewakili pengaruh roda terhadap berat kendaraan. Hanya satu truk “T” boleh ditempatkan per lajur lalu lintas rencana. Beban “T” merupakan muatan untuk rantai kendaraan.



Gambar 2.5 Beban Truk

Sumber: RSNI T-03-2005 Gambar 7

c.) Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (DLA) berlaku pada “KEL” lajur “D” dan truk “T” sebagai simulasi kejutan dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan.

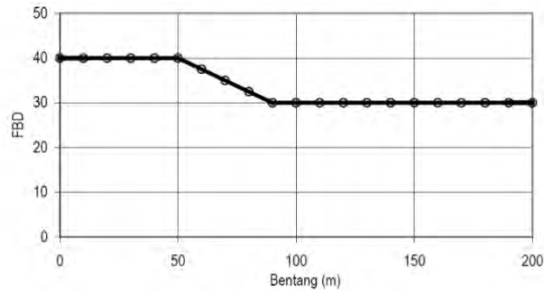
Untuk truk “T” nilai DLA / faktor kejutannya adalah 30% **SNI T-02 -2005 Standar Pembebanan Jembatan** digunakan untuk perhitungan beban roda pada hal. Sedangkan untuk “KEL” lajur “D” nilai dapat dilihat pada rumus

$$L_E = \sqrt{L_{av} \times L_{max}} \dots\dots\dots (2.4-1)$$

Dimana:

L_{av} = Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} = Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus



Gambar 2.6 Baban Lajur D

Sumber: RSNI T-03-2005 Gambar 8

2. Beban Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan. Perencanaan beban diambil dari *SNi T-02-2005 Standar pembebanan Jembatan* dimana besarnya beban yang bekerja adalah $0,5 \text{ KN/m}^2$ (5 kPa).

Tabel 2.6 Faktor Beban Pejalan

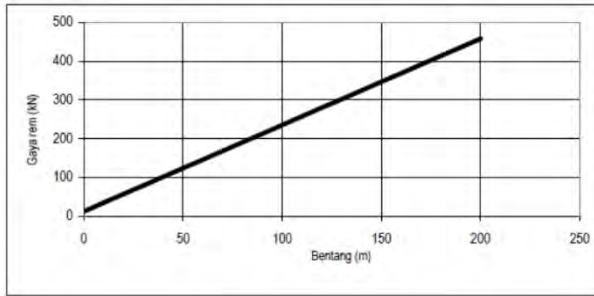
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TP;}$	$K_{U;TP;}$
Transien	1,0	1,8

Sumber: RSNI T-03-2005 Tabel 16

3. Gaya Rem

Gaya rem pada jembatan dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan. Gaya rem tidak

tergantung pada lebar jembatan dan diberikan pada grafik untuk panjang struktur yang tertahan.



Gambar 2.7 Grafik Gaya Rem

Sumber: RSNI T-03-2005 Gambar 9

2.4.3. Beban Lateral

1. Beban Gempa

Berdasarkan peraturan SNI 2833:201X Perancangan Gempa Terhadap Beban Jembatan, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum diperoleh dari serangkaian rumus berikut:

$$\overline{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{v_{si}} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.4-2)$$

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{N} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.4-3)$$

$$\overline{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{S_{ui}} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.4-4)$$

Keterangan:

$\overline{V_s}$ = nilai rata-rata cepat rambat gelombang geser
 \overline{N} = hasil uji penetrasi standar
 $\overline{S_u}$ = kuat geser tak terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya

t_i = tebal lapisan tanah ke-i

V_{si} = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i

N_i = nilai hasil uji penetrasi standar lapis tanah ke-i

S_{ui} = kuat geser tak terdrainase lapis tanah ke-i

m = jumlah lapis tanah yang ada di atas batuan dasar

Hasil yang didapat dari perhitungan di atas dapat diplot kedalam table situs untuk menentukan kelas situs

Tabel 2.7 Kelas Situs

Kelas Situs	$\overline{V_s}$ (m/s)	\overline{N}	$\overline{S_u}$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\overline{V_s} \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \overline{V_s} \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \overline{V_s} \leq 750$	$\overline{N} > 50$	$\overline{S_u} \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \overline{V_s} \leq 350$	$15 \leq \overline{N} \leq 50$	$50 \leq \overline{S_u} \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\overline{V_s} < 175$	$\overline{N} < 15$	$\overline{S_u} < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\overline{S_u} < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Sumber: RSNI 2833:201X Tabel 2

Penentuan factor situs

Untuk penentuan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek

($T=0,2$ detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik (F_{PGA}), faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

Tabel 2.8 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA} / F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Sumber: RSNI 2833:201X Tabel 3

Tabel 2.9 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Sumber: RSNI 2833:201X Tabel 4

Keterangan:

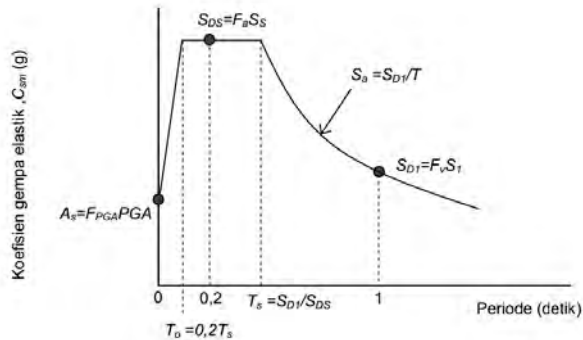
PGA = percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010

SS = lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010

Respon spectrum rencana



Gambar 2.8 Respon Spektrum Rencana

Sumber: RSNI 2833:201X Gambar 7

Perumusan respon spectra adalah sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad \dots\dots\dots (2.4-5)$$

$$S_{ds} = F_a \times S_s \quad \dots\dots\dots (2.4-6)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad \dots\dots\dots (2.4-7)$$

Koefisien respon gempa elastic

1. Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{SM} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad \dots\dots\dots (2.4-8)$$

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS}
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{SM} = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.4-9)$$

Keterangan:

S_{DS} = nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0,2$ detk)

S_{D1} = nilai spectra permukaan tanah pada periode 1 detik

$T_0 = 0,2 T_s$

$T_s = S_{D1} / S_{DS}$

Faktor modifikasi respon

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respons (R) sesuai dengan tabel berikut

Tabel 2.10 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Sumber: RSNI 2833:201X Tabel 6

Tabel 2.11 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk
Bangunan Antar Elemen Struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber: RSNI 2833:201X Tabel 7

Gaya gempa yang diperkirakan

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (Csm) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan factor modifikasi respons (R) dengan formulasi sebagai berikut:

$$Eq = \frac{Csm}{R} \times Wt \quad \dots\dots\dots (2.4-10)$$

Keterangan:

- Eq = gaya gempa horizontal statis (kN)
 Csm = koefisien respon gempa elastik pada moda getar ke-m
 R = factor modifikasi respon
 Wt = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

2. Beban Angin

Gaya angin nominal ultimate pada jembatan tergantung pada kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 Cw (Vw)^2 Ab \quad \dots\dots\dots (2.4-11)$$

Dimana:

- Vw = kecepatan angin rencana (m/dt)
 Cw = koefisien seret
 Ab = Luas ekuivalen bagian samping jembatan

Tabel 2.12 Koefisien Seret (C_w)

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2) $b/d = 1.0$ $b/d = 2.0$ $b/d \geq 6.0$	2.1 (3) 1.5 (3) 1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

Sumber: RSNI T-02-2005 Tabel 27

Tabel 2.13 Kecepatan Angin Rencana (V_w)

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Sumber: RSNI T-02-2005 Tabel 28

Dalam merencanakan jembatan harus direncanakan jumlah lajur yang disesuaikan dengan kebutuhan jembatan tersebut. Adapun jumlah lajur tersebut seperti pada RSNI T-02-2005 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.14 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n_l)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25	2 (3)
	11,3 - 15,0	4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

Sumber: RSNI T-02-2005 Tabel 11

2.5. Data Tanah

Data Tanah untuk pondasi sumuran dapat di desain pada kedalaman tanah tertentu, pada saat nilai $N > 50$ (tanah keras)

Tabel 2.15 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3m$) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5m$ dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35m$		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Sumber: RSNI 2833:201X Tabel 2

2.6. Perencanaan Bangunan Atas

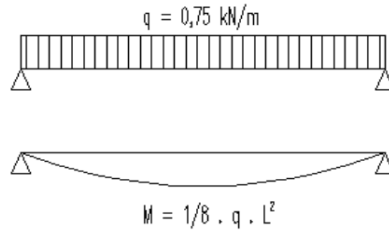
2.6.1. Perencanaan Sandaran

a. Perencanaan Pipa Sandaran

Pipa sandaran pada jembatan berguna sebagai pembatas atau pengaman bagi pejalan kaki yang melintas diatas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar dari jembatan. Perencanaan pipa sandaran sesuai dengan SNI T-02-2005, harus direncanakan untuk dua pembebanan yang bekerja secara bersamaan dalam arah vertical dan horizontal dengan masing-masing beban sebesar $W^* = 0,75$ kN/m.

- Beban Yang Bekerja

1. Beban mati (qd) berasal dari berat sendiri pipa.
Data umum pipa yang dipakai, didapat dari Tabel Profil Baja Ir. Rudy Gunawan.
2. Beban yang direncanakan berdasarkan SNI T-12-2004 “Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan sebesar $w = 0,75 \text{ kN/m}$. Beban ini bekerja secara vertikal dan



horizontal pada masing-masing sandran”.

Gambar 2.9 Permodelan Mekanika Pembebanan Akibat Beban Vertikal Pada Pipa

Gambar di atas menjelaskan mekanisme pembebanan pada pipa sandaran akibat beban hidup vertikal. Serta asumsi struktur pada pipa sandaran akibat beban hidup vertikal sehingga didapatkan analisa seperti berikut :

$$M_{\max} = 1/8 \times q \times l^2 \dots\dots\dots (2.6-1)$$

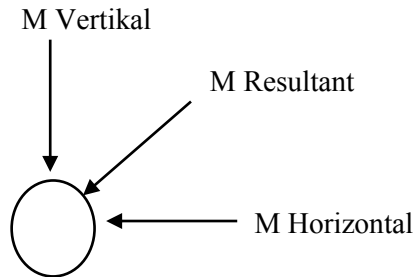
$$R_{va} = R_{vb} = 1/2 \times q \times l \dots\dots\dots (2.6-2)$$

Gambar di atas menjelaskan mekanisme pembebanan pada pipa sandaran akibat beban hidup horizontal. Serta asumsi struktur pada pipa sandaran akibat beban hidup horizontal sehingga didapatkan analisa seperti berikut :

$$M_{\max} = 1/8 \times q \times l^2 \dots\dots\dots (2.6-3)$$

$$R_{ha} = R_{hb} = 1/2 \times q \times l \dots\dots\dots (2.6-4)$$

Resultan momen pada pipa :



Gambar 2.10 Resultan Momen Pada Pipa Sandaran

$$M_n = 0,9 \times f_y \times Z_x \dots\dots\dots (2.6-5)$$

$$M_r = \sqrt{M_v^2 + M_h^2} \dots\dots\dots (2.6-6)$$

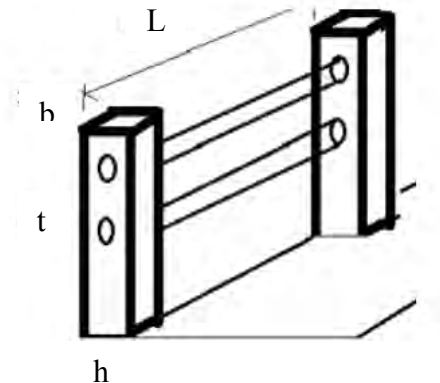
$$\sigma \text{ yang terjadi} = M_r / M_n \dots\dots\dots (2.6-7)$$

Kontrol :

$\sigma \text{ yang terjadi} < 1 \dots\dots\dots \text{OK}$

b. Perencanaan Pipa Sandaran

Faktor pembebanan berdasarkan SNI T-02-2005.



Gambar 2.11 Permodelan Pada Tiang Sandaran

Gambar diatas menunjukkan analisa beban yang terjadi pada tiang sandaran. Beban yang terjadi pada tiang sandaran yaitu beban mati dari berat sendiri tiang dan beban dari pipa.

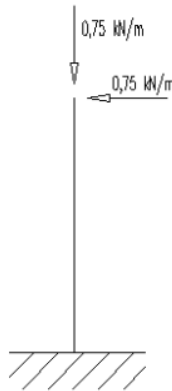
- Beban Mati

- Berat sendiri tiang = vol. tiang x BJ tiang x

$$\text{Kums} \dots \dots \dots (2.6-8)$$

- Berat pipa = $W_{\text{pipa}} \times n \times L \times K_{\text{utp}} \dots \dots \dots (2.6-9)$

- Beban Hidup = $W \times L \dots \dots \dots (2.6-10)$



Gambar 2.12 Asumsi Struktur Pada Tiang Sandaran

- Gaya Dalam

- ΣP_v = Berat sendiri tiang + berat pipa + beban hidup

$$\dots \dots \dots (2.6-11)$$

- ΣP_h = Beban hidup $\dots \dots \dots (2.6-12)$

1. Maka, $M_u = \Sigma P_h \times t \dots \dots \dots (2.6-13)$

$$V_u = \Sigma P_v \dots \dots \dots (2.6-14)$$

$$H_u = \Sigma P_h \dots \dots \dots (2.6-15)$$

2. Penulangan pada tiang sandaran

Alur penulangan lentur:

- Menentukan dimensi penampang

- Menentukan nilai momen ultimate (M_u)
- Menentukan nilai momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\text{faktor reduksi } (\phi)} \dots\dots\dots (2.6-16)$$

- Menentukan rasio tulangan berdasarkan SNI T-12-2004

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.6-17)$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.6-18)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.6-19)$$

$$d = h - d' - d. \text{ tul} \dots\dots\dots (2.6-20)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.6-21)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \dots\dots\dots (2.6-22)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (2.6-23)$$

Setelah itu gunakan rasio tulangan yang sesuai,

- Menghitung luas tulangan perlu (A_{st}) dan memilih tulangan yang diperlukan.

$$A_{st_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \dots\dots\dots (2.6-24)$$

Dimana ρ_{pakai} diambil dari nilai yang berada di tengah-tengah antara ρ_{\min} , ρ_{\max} .

Luas tulangan yang dipakai :

$$A_{st_{\text{pakai}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n \dots\dots\dots (2.6-25)$$

Dimana: n = jumlah tulangan

- Lakukan control kekuatan penampang dan bandingkan dengan momen ultimate yang akan dipikul oleh penampang

Alur penulangan geser

$$- V_u = \Sigma P_v \dots\dots\dots (2.6-26)$$

$$- V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.6-27)$$

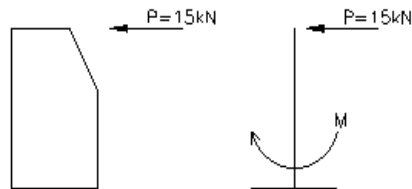
$$- \phi \times V_c = 0,75 \times V_c \dots\dots\dots (2.6-28)$$

$$- \text{Kontrol, } V_u < \phi \times V_c$$

Maka, tidak diperlukan tulangan geser. Walaupun tidak memerlukan tulangan geser tetapi untuk menjaga kestabilan struktur maka dipasang tulangan geser minimum dengan jarak maksimal.

2.6.2. Perencanaan Kerb

Beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 kN/m sesuai dengan SNI T-02-2005, yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan dengan arah horizontal



Gambar 2.13 Permodelan Pada Kerb

a. Penulangan pada kerb

1. Alur penulangan lentur:

- Menentukan dimensi penampang
- Menentukan nilai momen ultimate (M_u)
- Menentukan nilai momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\text{faktor reduksi } (\phi)} \dots\dots\dots (2.6-29)$$

- Menentukan rasio tulangan berdasarkan SNI T-12-2004

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.6-30)$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.6-31)$$

menjelaskan mekanisme pembebanan pada pipa sandaran

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.6-32)$$

$$d = h - d' - d. \text{ tul} \dots\dots\dots (2.6-33)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.6-34)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \dots\dots\dots (2.6-35)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (2.6-36)$$

Setelah itu gunakan rasio tulangan yang sesuai,

- Menghitung luas tulangan perlu (A_{st}) dan memilih tulangan yang diperlukan.

$$A_{st_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \dots\dots\dots (2.6-37)$$

Dimana ρ pakai diambil dari nilai yang berada di tengah-tengah antara ρ_{\min} , ρ_{\max} .

Luas tulangan yang dipakai :

$$A_{st_{\text{pakai}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n \dots\dots\dots (2.6-38)$$

Dimana: n = jumlah tulangan

- Lakukan control kekuatan penampang dan bandingkan dengan momen ultimate yang akan dipikul oleh penampang

2. Tulangan pembagi

$$\text{Tul pembagi} = 20\% \times A_{st} \text{ tul.pasang} \dots\dots\dots (2.6-39)$$

2.6.3. Perencanaan Pelat Lantai

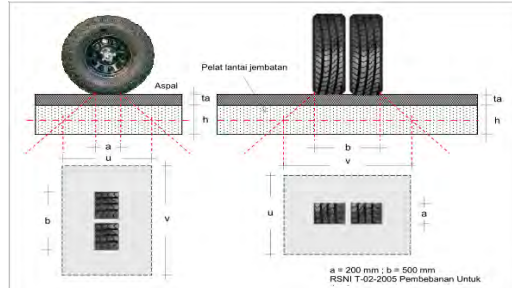
Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s sesuai dengan SNI T-12-2004 :

$$\begin{aligned} t_s &\geq 200 \text{ mm} \\ t_s &\geq (100 + 40l) \text{ mm} \dots\dots\dots (2.6-40) \end{aligned}$$

Keterangan :

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)

Kontrol tebal plat rencana terhadap geser pons :



Gambar 2.14 Distribusi Geser Pons

Dimana:

Faktor beban (K_{utt}) = 1,8

Faktor reduksi (ϕ) = 0,7

Tebal aspal (t_a)

Tebal plat (t_s)

Lebar roda (a)

Panjang roda (b)

Bidang geser pons

$$U = a + (0,5 \times (t_a + t_s)) + (0,5 \times (t_a + t_s))$$

$$= a + t_a + t_s \dots\dots\dots (2.6-41)$$

$$V = b + (0,5 \times (t_a + t_s)) + (0,5 \times (t_a + t_s))$$

$$= b + t_a + t_s \dots\dots\dots (2.6-42)$$

Sehingga,

$$b' = (2 \times U) + (2 \times V) \dots\dots\dots (2.6-43)$$

Kekuatan gaya geser plat lantai

V_u = tekanan roda

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.6-44)$$

$$\phi \times V_c = 0,75 \times V_c \dots \dots \dots (2.6-45)$$

Kontrol, $V_u < \phi \times V_c$

Perencanaan tulangan plat lantai

1. Beban yang terjadi pada plat

a. Beban Mati

$$\text{- Berat plat} = t_s \times 2,5 \text{ t/m}^3 \times 1 \dots \dots \dots (2.6-46)$$

$$\text{- Berat aspal} = t_a \times 2,2 \text{ t/m}^3 \times 1 \dots \dots \dots (2.6-47)$$

$$\text{- Air hujan} = t_{\text{air hujan}} \times 1 \text{ t/m}^3 \times 1 \dots \dots \dots (2.6-48)$$

b. Beban hidup

$$\text{- Beban truk "T"} = 112.5 \text{ kN}$$

$$\text{- Dengan factor kejut (DLA} = 0,3)$$

$$\text{- Kutt} = 1,8, \text{ faktor untuk beban truk}$$

$$\text{Toltal muatan : P truk} = (1 + \text{DLA}) \times T \times \text{Kutt}$$

2. Penulangan lentur pada plat lantai kendaraan

- Menentukan nilai momen ultimate (M_u)

- Menentukan nilai momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\text{faktor reduksi } (\phi)} \dots \dots \dots (2.6-49)$$

- Menentukan rasio tulangan berdasarkan SNI T-12-2004

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots (2.6-50)$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (2.6-51)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots \dots \dots (2.6-52)$$

$$d = h - d' - d. \text{ tul} \dots \dots \dots (2.6-53)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \dots \dots \dots (2.6-54)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \dots \dots \dots (2.6-55)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots \dots \dots (2.6-56)$$

Setelah itu gunakan rasio tulangan yang sesuai,

- Menghitung luas tulangan perlu (A_{st}) dan memilih tulangan yang diperlukan.

$$A_{st_{perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d \dots \dots \dots (2.6-57)$$

Dimana ρ pakai diambil dari nilai yang berada di tengah-tengah antara ρ_{min} , ρ_{max} .

$$n \text{ (jml tul)} = A_{st \text{ perlu}} / \text{luas tul. letr} \dots \dots \dots (2.6-58)$$

Luas tulangan yang dipakai :

$$A_{st_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n \dots \dots \dots (2.6-59)$$

- Jarak antar tulangan

$$s = \frac{b - (\phi \times nt) - (2 \times \text{decking})}{5} \dots \dots \dots (2.6-60)$$

Jadi, tulangan lentur yang dipasang sesuai dengan yang telah di hitung

3. Tulangan pembagi

Tulangan pembagi = 20% x A_{st} tulangan pasang

Tulangan bagi yang dipakai

$$\pi \times \frac{1}{4} \times \phi^2 \times \left(\frac{b}{s \text{ tulangan}} \right) \dots \dots \dots (2.6-61)$$

2.6.4. Perencanaan Rangka Utama

• Perencanaan Lengkung Busur

Untuk merencanakan jembatan dengan bentuk yang baik, dimana lantai kendaraan berada di bawah busur, menurut buku Ir. H. J. Struyk, Prof. Ir. K. H. C.W. Van Der Veen, dan Soemargono.1990. Jembatan, direncanakan :

$$f = 1/5 L \text{ sampai dengan } 1/8 L \dots \dots \dots (2.6-62)$$

$$h = 1/25 L \text{ sampai dengan } 1/45 L \dots \dots \dots (2.6-63)$$

Jika pada jembatan yang kecil tidak ada portal akhir dalam bidang vertical-vertikal akhir :

$$H = 1/12 L \dots \dots \dots (2.6-64)$$

$$f = 1/6 L \text{ sampai dengan } 1/8 L \dots\dots\dots (2.6-65)$$

$$h = 1/33 L \dots\dots\dots (2.6-66)$$

Jika ada portal akhir, maka :

$$f = 1/20 L > H \dots\dots\dots (2.6-67)$$

$$h = 1/33 L \dots\dots\dots (2.6-68)$$

Dimana: f = tinggi lengkung busur

L = panjang bentang

Panjang penggantung dicari dengan menggunakan perhitungan pendekatan persamaan sumbu geometrik.

Persamaan Parabola

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2} \dots\dots\dots (2.6-69)$$

$$Y_n' = f - Y_n \dots\dots\dots (2.6-70)$$

Panjang tiap segemen

$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' - Y_{n-1}')^2 + \Delta X^2} \dots\dots\dots (2.6-71)$$

2.6.5. Perencanaan Balok Memanjang dan Melintang

Dalam merencanakan balok memanjang dan melintang mengacu pada SNI T-03-2005

- Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk local

- Penampang kompak $\lambda \leq \lambda_p$

$$M_n = M_p \dots\dots\dots (2.6-72)$$

- Penampang tidak kompak $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)} \dots\dots\dots (2.6-73)$$

- Penampang langsing $\lambda \geq \lambda_r$

$$M_n = M_r \left(\lambda_r / \lambda \right)^2 \dots\dots\dots (2.6-74)$$

- Cek pengaruh tekuk lokal

- Cek kelangsingan sayap

$$\lambda = \frac{bf}{tf} \dots\dots\dots (2.6-75)$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.6-76)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots (2.6-77)$$

- Cek kelangsingan badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \dots\dots\dots (2.6-78)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.6-79)$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.6-80)$$

- Cek momen nominal pengaruh tekuk lateral

- Bentang Pendek $L \leq L_p$

$$M_n = M_p \dots\dots\dots (2.6-81)$$

- Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b [M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)}] \leq M_p \dots\dots\dots (2.6-82)$$

- Bentang Panjang $L \geq L_r$

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \dots\dots\dots (2.6-83)$$

$$\text{Dimana: } L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.6-84)$$

$$f_l = f_y - f_r \dots\dots\dots (2.6-85)$$

$$L_r = r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}} \dots\dots\dots (2.6-86)$$

- Menentukan tahanan momen lentur

Momen nominal diambil yang terkecil menentukan

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

- Menentukan tahanan geser

- Untuk nilai

$$\left(\frac{h}{t_w}\right) \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} ; K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \dots\dots\dots (2.6-87)$$

Tahanan geser plastis

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \dots\dots\dots (2.6-88)$$

- Untuk nilai

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \leq \left(\frac{h}{t_w}\right) \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.6-89)$$

Tahanan geser elasto plastis

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}\right] \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \dots\dots\dots (2.6-90)$$

- Untuk nilai

$$1,37 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \leq \left(\frac{h}{t_w}\right) \dots\dots\dots (2.6-91)$$

Tahanan geser plastis

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \dots\dots\dots (2.6-92)$$

Syarat yang harus dipenuhi :

$$V_u \leq V_n$$

- Kontrol lendutan

$$(5L^2)[M_s - 0,1(M_a + M_b)]/(48EI) \dots\dots\dots (2.6-93)$$

Dimana: M_s = momen di tengah lapangan

M_a = momen tumpuan

M_b = momen tumpuan

Batas lendutan maksimum $L/800$

2.6.6. Perencanaan Sambungan

Konstruksi terdiri dari beberapa bagian terpisah, yang kemudian akan dihubungkan menjadi satu bagian. Salah satu cara untuk menghubungkan bagian dari konstruksi tersebut adalah dengan cara memberikan sambungan. Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las)

- Sambungan Baut

Sambungan baut berdasarkan pada SNI 03-1729-2002 (LRFD)

Kekuatan satu baut ditinjau dari :

- Kekuatan Geser

$$R_n = m \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \dots\dots\dots (2.6-94)$$

Dengan : $r_l = 0,5$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser
 $r_l = 0,4$ untuk baut dengan ulir pada bidang geser
 f_u^b = kuat tarik baut (MPa)
 A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir
 m = jumlah bidang geser

- Kekuatan Tumpu

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \dots\dots\dots (2.6-95)$$

Dengan : d_b = diameter baut pada daerah tak berulir
 t_p = tebal plat
 f_u = kuat tarik putus terendah dari baut atau plat

- Kekuatan Tarik

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \dots\dots\dots (2.6-96)$$

Dengan : f_u^b = kuat tarik baut (MPa)
 A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

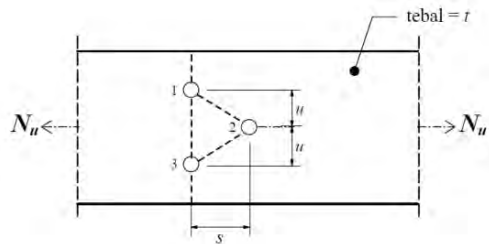
Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

Dengan : ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,75)

R_n = kuat nominal baut (berdasarkan nilai kekuatan geser, tarik, tumpu diambil nilai terkecil)

- Tinjauan Pelat



Gambar 2.15 Robekan Baut Terhadap Plat Sambung

Sumber: RSNI T-03-2005 Gambar 1

Potongan 1-3: $A_{nt} = A_g - ndt$ (2.7-97)

Potongan 1-2-3: $A_{nt} = A_g - ndt + \sum \frac{s^2 t}{4u}$ (2.7-98)

Dengan : A_g = luas penampang bruto (mm^2)

t = tebal penampang (mm)

d = diameter lubang (mm)

n = banyaknya lubang dalam garis potongan

s = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur

u = jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur

- Sambungan Las

Tabel 2.16 Ukuran Minimu Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_w [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Sumber: LRFD Tabel 7.1

Kuat rencana persatuan panjang las sudut, ditentukan sebagai berikut :

- Berdasarkan bahan las
 $\phi f R_{nw} = 0,75 t_f (0,6 f_{uw}) \dots \dots \dots (2.6-99)$
- Berdasarkan bahan dasar
 $\phi f R_{nw} = 0,75 t_f (0,6 f_u) \dots \dots \dots (2.6-100)$

Las sudut memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

Dengan : $\phi f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan saat fraktur

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las (Mpa)

f_u = tegangan tarik putus bahan dasar (Mpa)

t_f = adalah tebal rencana las (mm)

2.6.7. Perencanaan Perletakan

Konstruksi perletakan harus dapat meneruskan gaya vertikal maupun horizontal yang bekerja pada jembatan kepada pondasi jembatan, untuk jenis perletakan yang sering dipakai pada jembatan antara lain :

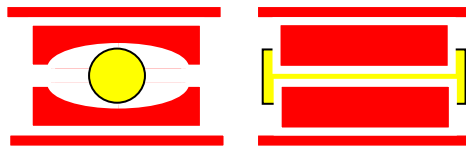
- Perletakan Sendi

Untuk perletakan jenis sendi dipakai bila tumpuan jembatan menahan gaya vertikal dan horizontal dan tidak menahan momen sehingga rotasi pada tumpuan jenis ini dapat terjadi.



Gambar 2. 16 Perletakan Sendi Dapat Dibuat Dari Konstruksi Baja

- Perletakan Rol
Untuk perletakan jenis sendi dipakai bila tumpuan jembatan menahan gaya vertikal dan tidak menahan momen dan gaya horizontal sehingga rotasi dan perubahan posisi tumpuan bidang horizontal pada tumpuan jenis ini dapat terjadi.



Gambar 2. 17 Perletakan Rol Dapat Dibuat Dari Konstruksi Baja

2.7. Perencanaan Bangunan Bawah

Yang termasuk bangunan bawah pada tugas akhir ini adalah abutmen dan pondasi. Dimana setiap bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

2.7.1. Perencanaan Kepala Jembatan

Kepala jembatan (abutmen) merupakan suatu bangunan /bagian dari konstruksi jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi. Tekanan tanah dapat berupa tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah aktif adalah tekanan yang membebani dinding penahan tanah dengan arah horizontal di bagian belakang abutmen dan besar tekanan dapat meningkat perlahan-lahan sampai mencapai harga tetap. Sedangkan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang mempunyai tegangan horizontal yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif. Beban yang bekerja pada abutmen yaitu :

- Beban Vertikal
 - Beban dari bangunan atas
 - Berat sendiri abutmen
 - Berat pelat injak
 - Berat tanah
- Beban Horizontal
 - Tekanan tanah aktif

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.7-1)$$

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.7-2)$$

$$q_a = \lambda \times h \times K_a \dots\dots\dots (2.7-3)$$

Dimana:

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

σ_a = tegangan aktif

σ_v = tegangan arah vertikal

ϕ = sudut geser tanah

- Tekanan tanah pasif

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.7-4)$$

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_v} = K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.7-5)$$

$$q_p = \lambda \times h \times K_p \dots\dots\dots (2.7-6)$$

Dimana:

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

σ_p = tegangan pasif

σ_v = tegangan arah vertikal

ϕ = sudut geser tanah

- Tekanan tanah akibat beban gempa (tekanan tanah dinamik)

$$\bar{\beta} = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) \dots\dots\dots (2.8-7)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \bar{\beta})}{\cos^2 \theta \cos \bar{\beta} \cos(\delta + \theta + \bar{\beta}) \left\{ 1 + \left[\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \alpha - \bar{\beta})}{\cos(\delta + \theta + \bar{\beta}) \cos(\theta - \alpha)} \right]^{1/2} \right\}^2} \dots\dots\dots (2.7-8)$$

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_a' \dots\dots\dots (2.7-9)$$

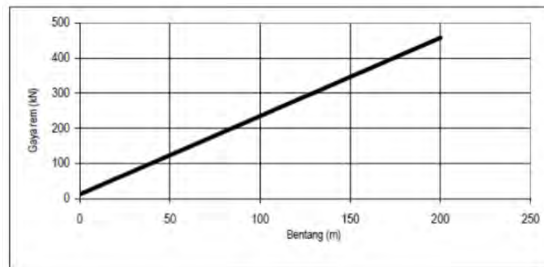
Dimana:

K_a' = koefisien tekanan tanah dinamik

P_{ae} = tekanan tanah dinamik

- **Beban rem**

Analisa beban rem berdasarakan SNI T-12-2005. Pengaruh gaya rem diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap pada semua jalur lalulintas atau menggunakan table berikut.



Gambar 2.18 Grafik Gaya Rem

Sumber: RSNI T-02-2005 Gambar 9

- **Gaya gempa bumi**

Perencanaan beban gempa untuk jembatan berdasarakan SNI 2833-2013. 50% dari beban total bangunan atas direncanakan sebagai beban gempa yang masuk pada abutmen

- **Beban angin**

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \dots\dots\dots (2.7-10)$$

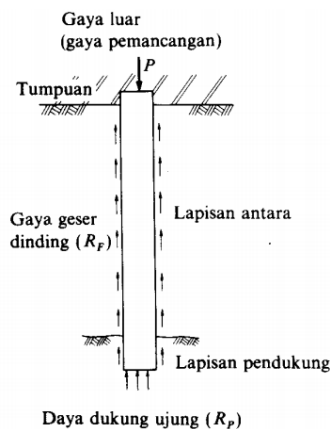
Dimana:

V_w = kecepatan angin rencana (m/dt)

Cw = koefisien seret
 Ab = Luas ekuivalen bagian samping jembatan

2.7.2. Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi yang akan digunakan harus memperhitungkan jenis tanah di lokasi tersebut. Untuk mengetahui jenis tanah maka harus memiliki data tanah yang berupa data SPT maupun data property tanah itu, untuk mengetahui letak tanah keras pada kedalaman berapa meter. Setelah mengetahui letak tanah keras maka bisa dipilih jenis pondasi yang akan digunakan, untuk letak tanah keras yang lebih dari 10 meter bisa menggunakan jenis pondasi dalam sehingga beban yang terjadi dapat disalurkan ke tanah keras.



Gambar 2.19 Daya Dukung Tiang Pancang

Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pondasi (Ir. Suyono)

2.7.3. Pondasi Tiang Pancang Tunggal

Sebelum merencanakan pondasi tiang pancang, kita harus menentukan daya dukung suatu tiang. Daya dukung suatu tiang harus berdasarkan hasil data SPT di lokasi tersebut. Rumus yang digunakan untuk menentukan daya dukung suatu tiang pancang adalah :

2.7.3.1. Gaya Geser Dinding Tiang

$$R_f = U \times \sum (l_i \times f_i) \dots\dots\dots (2.7-11)$$

Dengan : R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

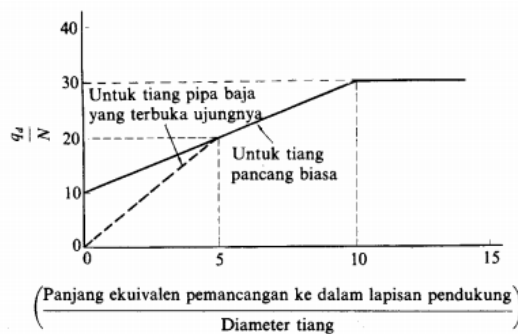
U = keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m²)

2.7.3.2. Daya Dukung Ujung Tiang

Untuk daya dukung terpusat tiang dapat dicari dengan table di bawah ini :



Gambar 2.20 Diagram Perhitungan Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang

Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pondasi (Ir. Suyono)

Setelah menentukan diameter tiang pancang dan panjang penetrasi tiang sampai ke lapisan pendukung sudah di dapat maka q_d dapat dicari.

$$R_p = q_d \times A$$

dukung ultimate
tanah pondasi pada ujung tiang

Dengan : R_p = daya dukung ujung tiang (ton)

q_d = daya dukung terpusat tiang (ton)
 A = luas ujung tiang (m^2)

2.7.3.3. Daya Dukung Ultimate Tiang

$$R_u = R_f + R_p \dots\dots\dots (2.7-12)$$

Dengan : R_u = daya dukung ultimate tanah pondasi (ton)

R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

R_p = daya dukung ujung tiang (ton)

2.7.3.4. Daya Dukung Ijin Tiang

$$R_a = \frac{1}{n} \times (R_u - W_s) + W_s - W \dots\dots\dots (2.7-13)$$

Dengan : R_a = daya dukung ujung tiang (ton)

R_u = daya dukung ultimate tanah pondasi (ton)

W_s = berat efektif tanah yang dipindahkan oleh tiang

W = berat efektif tiang dan tanah di dalam tiang (ton)

n = faktor keamanan

Tabel 2.17 Faktor Keamanan

	Jembatan jalan raya		Jembatan kereta api	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang pendukung	Tiang geser	—	Tiang pendukung	Tiang geser
Beban tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	
Beban tetap + Beban sementara	—	—	2	—	
Waktu gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2,0

Angka dalam tanda kurung: Bila beban kereta api diperhitungkan

Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pondasi (Ir. Suyono)

2.7.3.5. Daya Dukung Mendatar Yang Diijinkan

$$k = k_0 \cdot y^{-1/2} \dots\dots\dots (2.7-14)$$

$$k_0 = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \dots\dots\dots (2.7-15)$$

$$\beta = \sqrt[4]{(k \cdot D)/4EI} \text{ (cm}^{-1}\text{)} \dots\dots\dots (2.7-16)$$

$$H_a = \frac{\kappa \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \dots\dots\dots (2.7-17)$$

Dengan : k = Koeffisien reaksi lapisan tanah di bawah permukaan dalam arah vertikal (kg/m^3)
 y = besarnya pergeseran yang akan dicari (cm)
 E_0 = modulus deformasi tanah pondasi, biasanya diperkirakan dari $E_0 = 28 \text{ N}$
 D = diameter tiang (cm)
 EI = Kekakuan lentur dari tiang (kg/cm^{-1})
 H_a = Daya dukung mendatar yang diijinkan (kg)
 δ_a = besar pergeseran normal (cm)

2.7.4. Pondasi Tiang Pancang Kelompok

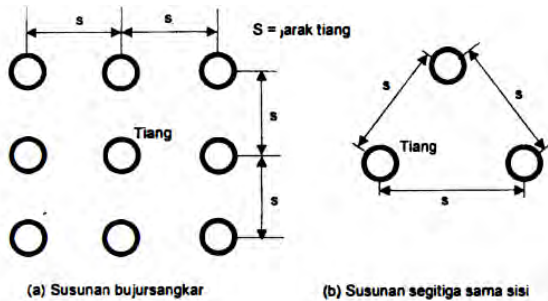
Perencanaan pondasi tiang pancang kelompok bertujuan untuk mendapatkan daya dukung yang lebih besar dari tiang tunggal.

$$Q_{\text{kel}} = Q_{\text{ijin 1 tiang}} \times \text{efisiensi} \dots\dots\dots (2.7-18)$$

Perhitungan efisiensi tiang menurut Converse-Labarre Formula:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 mn'} \dots\dots\dots (2.7-19)$$

Dengan : E_g = efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = arc $\text{tg } d/s$, dalam derajat
 s = jarak pusat ke pusat tiang



Gambar 2.21 Definisi Jarak S Dalam hitungan Efisiensi Tiang

Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pondasi (Ir. Suyono)

Beban aksial pada tiang:

$$Q_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y_i}{\sum y^2} < Q \text{ ijin 1 tiang}$$

dalam kelompok (2.7-20)

$$M_y = e_x V \text{ dan } M_x = e_y V \text{ (2.7-21)}$$

Dengan : Q_i = beban aksial pada tiang ke-i

n = jumlah tiang

V = jumlah beban vertical yang bekerja pada pusat kelompok tiang

x, y = berturut-turut jarak tiang terhadap sumbu x dan y

M_x, M_y = momen terhadap sumbu x dan y

e_x, e_y = eksentrisitas resultan beban searah sumbu x dan y

2.7.5. Tiang Miring

Tiang miring umumnya dipakai bila tiang dipengaruhi oleh beban lateral yang lebih dari 5 kN per tiang (Teng, 1962). Kemiringan tiang yang sering dipakai : 1H : 12V sampai 5H : 12V (H = horisontal, V = vertikal). Hitungan besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing tiang menurut cara Culmann:

1. Hitung resultan gaya-gaya yang bekerja pada tiang-tiang. Uraikan resultan gaya R menurut sumbu vertikal dan horizontal
2. Hitung gaya vertikal yang terjadi pada masing-masing tiang (tiang-tiang dianggap hanya menderita gaya vertikal). Beban vertikal pada masing-masing tiang dihitung dengan persamaan

$$Q_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y}{\sum y^2} \dots\dots\dots (2.7-22)$$

$$M_x = e_y V \text{ dan } M_y = e_x V \dots\dots\dots (2.7-23)$$

- Dengan : Q_v = beban vertikal pada masing-masing tiang
 n = jumlah tiang
 V = jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang
 x, y = berturut-turut jarak tiang terhadap sumbu x dan y
 M_x, M_y = momen terhadap sumbu x dan y
 e_x, e_y = eksentrisitas resultan beban searah sumbu x dan y

3. Masing-masing tiang dianggap mendukung beban aksial Q_1, Q_2, Q_n . Besarnya beban aksial pada tiang:

$$Q_n = \frac{Q_v}{\cos \theta} \dots\dots\dots (2.7-24)$$

- Dengan : θ = sudut antara tiang dengan garis vertikal

2.8. Metode Pelaksanaan Pekerjaan

No	Nama Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1.	Pekerjaan Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan jalan kerja • Pembuatan lokasi unloading material
2.	Pekerjaan Pembersihan Lahan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran menggunakan alat (theodolite, waterpass, dll.) • Pembuatan direksi keet
3.	Mobilisasi	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilisasi material • Mobilisasi alat berat • Mobilisasi tenaga kerja
4.	Pekerjaan Banguna Bawah	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan pondasi : <ul style="list-style-type: none"> - Pekerjaan pembesian - Pekerjaan pengecoran • Pekerjaan pile cap <ul style="list-style-type: none"> - Pekerjaan pembesian - Pemasangan bekisting - Pekerjaan pengecoran • Pekerjaan pilar <ul style="list-style-type: none"> - Pekerjaan pembesian - Pemasangan bekisting - Pekerjaan kepala pilar - Pekerjaan pengecoran • Pekerjaan abutmen • Pekerjaan wingwall
5.	Pekerjaan Bangunan Atas	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur primer <ul style="list-style-type: none"> - Pekerjaan pemasangan elemen pelengkung - Pekerjaan pemasangan bracing - Pekerjaan pemasangan gelagar memanjang dan

		melintang <ul style="list-style-type: none"> - Pemasangan hanger - Pekerjaan plat lantai kendaraan • Struktur sekunder <ul style="list-style-type: none"> - Pekerjaan ikatan angin - Pekerjaan Sambungan - Pekerjaan sandaran - Pekerjaan kerb, trotoar, dll
6.	Pekerjaan Finishing	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan pengaspalan • Pemasangan marka jalan • Pemasangan hand rail • Pemasangan lampu, pipa, dll

2.9. Pemilihan Alat Berat

2.9.1. Alat Pancang

Alat pancang digunakan untuk menancapkan tiang ke dalam dasar tanah hingga mencapai tanah keras



Gambar 2.22 Alat Pancang

Sumber: Google.com

2.9.2. Crane

Crane berfungsi untuk memindahkan gelagar memanjang dan melintang yang sudah dirakit sebelum di naikkan ke atas tumpuan



Gambar 2.23 Crane

Sumber: Google.com

2.9.3. Dump Truk

Dump truk berfungsi mengangkut material-material untuk keperluan konstruksi



Gambar 2.24 Dump Truk

Sumber: Google.com

2.9.4. Concrete Pump

Concrete pump digunakan untuk pengecoran plat lantai, abutmen, pilar, dll.



Gambar 2.25 Concrete Pump

Sumber: Google.com

2.9.5. Concrete Mixer

Concrete mixer berfungsi untuk mencampurkan material-material bahan pembuat beton menjadi satu



Gambar 2.26 Concrete Mixer

Sumber: Google.com

2.9.6. Tandem Roller

Tandem roller digunakan untuk memadatkan timbunan atau tanah yang akan diratakan sehingga tanah atau timbunan menjadi padat



Gambar 2.27 Tandem Roller

Sumber: Google.com

2.9.7. Asphalt Finisher

Asphalt finisher berfungsi untuk menghamparkan campuran aspal yang dihasilkan dari alat produksi aspal



Gambar 2.28 Asphalt Finisher

Sumber: Google.com

BAB III

METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data

1. Data Primer
Tidak dilakukan pengamatan langsung ke lokasi
2. Data Sekunder
Data Perencanaan yang dibutuhkan antara lain:
 - Gambar jembatan eksisting, meliputi
 1. Potongan memanjang dan melintang jembatan
 2. Gambar penampang sungai
 - Data tanah lokasi perencanaan

3.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk merencanakan suatu jembatan, dengan memperolehnya dari:

1. Buku-buku yang berkaitan
2. Peraturan-peraturan yang berkaitan

3.3. Preliminary Desain

1. Plat lantai kendaraan (SNI T-12-2004)
 - $t_s \geq 200 \text{ mm}$
 - $t_s \geq (100 + 40/l) \text{ mm}$
2. Balok memanjang dan balok melintang
 - $M_u \leq \phi M_n$
 - $\frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \leq Z_x \cdot f_y$
3. Batang penggantung
 - $f = 1/5 L \text{ sampai dengan } 1/8 L$
 - $$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$
 - Dimana:
 - $L = \text{Panjang jembatan}$

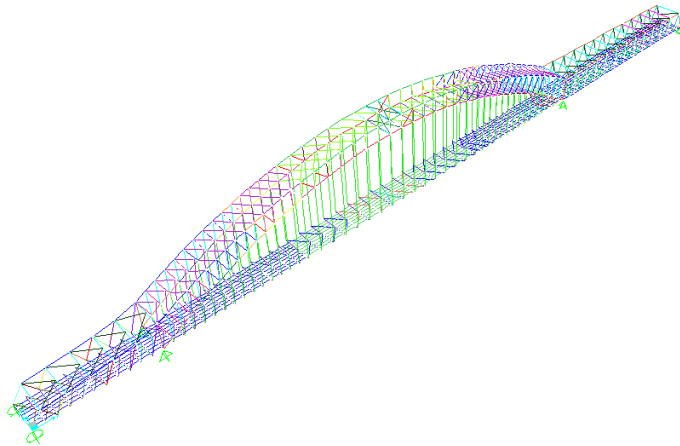
X = Jarak gelagar melintang

Y_n = Panjang penggantung

4. Batang lengkung

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

3.4. Permodelan Struktur



Gambar 3.1 Permodelan Struktur Jembatan Busur

3.5. Analisa Pembebanan

Pembebanan pada perencanaan jembatan ini mengacu pada RSNI T-02-2005 Beban-beban meliputi:

1. Pada plat lantai kendaraan
 - Beban tetap meliputi :
 - Berat sendiri plat
 - Beban mati tambahan berupa aspal
 - Beban trotoar berupa kerb, tiang sandaran dan pipa railing
 - Beban lalu lintas adalah beban truk “T”
 - Beban hidup adalah beban pejalan kaki

2. Pada gelagar memanjang
 - Beban tetap meliputi :
 - Berat sendiri profil gelagar memanjang
 - Berat plat lantai kendaraan
 - Beban mati tambahan berupa beban aspal
 - Beban lalu lintas meliputi :
 - Beban Terbagi Rata (BTR)
 - Beban Garis Terpusat (BGT)
 - Beban hidup adalah beban pejalan kaki
3. Pada gelagar melintang
 - Beban tetap meliputi :
 - Berat sendiri profil gelagar melintang
 - Berat dari gelagar memanjang
 - Berat plat lantai kendaraan
 - Beban mati tambahan berupa beban aspal
 - Beban trotoar berupa kerb, tiang sandaran dan pipa railing
 - Beban lalu lintas meliputi :
 - Beban Terbagi Rata (BTR)
 - Beban Garis Terpusat (BGT)
 - Beban truk "T"
 - Beban hidup adalah beban pejalan kaki
4. Pada struktur rangka utama
 - Beban tetap meliputi :
 - Berat sendiri profil rangka utama
 - Berat dari gelagar memanjang
 - Berat plat lantai kendaraan
 - Beban mati tambahan berupa beban aspal
 - Beban hidup meliputi :
 - Beban Terbagi Rata (BTR)
 - Beban Garis Terpusat (BGT)
 - Beban trotoar
 - Beban lateral meliputi :
 - Beban angin
 - Beban gempa

3.6. Kombinasi Beban

Kombinasi pembebanan didasarkan pada ketentuan dalam SNI T-02 -2005 Standar Pembebanan Jembatan yaitu :

Tabel 3.1 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan ultimate

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen :												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut rangk												
Pratekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien :												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o			X	o		o
Beban angin			o	o	X	o			o	X		o
Aksi Khusus :												
Gempa											X	
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
<p> (1) * aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL (2) * aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) * aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL </p>												
"X" * berarti beban yang selalu aktif "O" * berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperi* ditunjukkan.							Aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL					

Sumber: RSNI T-02-2005 Tabel 40

Tabel 3.2 Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan f_{os}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

Sumber: RSNI T-02-2005 Tabel 41

3.7. Analisa Struktur

Setelah mengetahui beban-beban yang bekerja pada struktur, maka proses selanjutnya adalah proses analisa struktur. Dalam proses analisa struktur menggunakan perhitungan yang bersumber dari peraturan yang masih berlaku. Langkah-langkah dalam analisa struktur antara lain:

1. - Mutu beton, $f_c' = 25 \text{ MPa}$
- Mutu baja = BJ-55
2. Mendefinisikan beban yang bekerja pada struktur
3. Perhitungan plat lantai kendaraan dan kombinasi kestabilan plat
4. Mendefinisikan dimensi balok memanjang dan melintang yang akan digunakan
5. Mendefinisikan kombinasi pembebanan
Karena pembebanan telah dikalikan dengan factor maka dikombinasi tidak perlu lagi dikalikan dengan factor lagi. Kombinasi pembebanan terdiri dari :
- Kombinasi beban tetap (beban mati dan beban hidup)
- Kombinasi beban sementara akibat angin
- Kombinasi beban sementara akibat gempa
6. Memodelkan struktur sesuai dengan gambar rencana yang telah dibuat
7. Menginput beban beban yang bekerja
8. Menjalankan proses analisa struktur
9. Menganalisa gaya-gaya yang bekerja, antara lain:
- Momen
- Geser
- Aksial
10. Analisa joint reaction untuk perhitungan perletakan dan desain pondasi abutment
11. Desain pondasi abutment
Perhitungan daya dukung tiang pancang baik dari arah vertikal dan horizontal dihitung dengan menggunakan metode spring constant. Perbandingan tekanan tanah aktif dan pasif biasanya kurang lebih adalah 1 : 2-3. Dengan metode spring

constant ini akan dimodelkan perbandingan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif adalah 1 : 1, jadi kekuatan tekanan tanah pasif yang akan melawan tekanan tanah aktif dimodelkan setara dengan kekuatan tanah aktif yang terjadi. Metode ini memodelkan keliling permukaan sepanjang tiang pancang adalah spring/pegas dan ujung tiang adalah rol.

Salah satu contoh rumus yang digunakan adalah spring constant nakazawa.

- Perhitungan daya dukung vertikal

$$K_v = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot A$$

Keterangan :

K_v : daya dukung vertikal (T/m)

E_o : 28 N (N = jumlah SPT tiap 1 m) (kg/cm^2)

D : diameter tiang pancang (cm)

A : luas permukaan tiang pancang (cm^2)

- Perhitungan daya dukung horizontal

$$K = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot Y^{-0,75}$$

Keterangan :

Y : tinjauan per 1 cm

$K_x = K_y = K \cdot D \cdot Dz$

Keterangan :

Dz : kedalaman tinjauan (m)

3.8. Kontrol Kestabilan Struktur

Setelah mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi maka perlu diadakan pengecekan terhadap kestabilan struktur dalam menahan beban-beban yang terjadi, control tersebut meliputi:

1. Pada plat lantai kendaraan:
 - Kontrol tebal plat
 - Kontrol geser pons
 - Kontrol jarak antar tulangan
2. Pada balok memanjang dan melintang:
 - Kontrol lentur
 - Kontrol geser
 - Kontrol lendutan

3. Pada rangka utama

- Kontrol kelangsingan
- Kontrol kekuatan batang

3.9. Perencanaan Bangunan Bawah

Perencanaan bangunan bawah meliputi:

1. Perencanaan abutmen:

- Perencanaan dimensi abutmen
- Analisa gaya dalam yang terjadi akibat beban yang bekerja pada abutmen
- Perencanaan tulangan abutmen

2. Perencanaan pondasi tiang pancang:

- Perencanaan daya dukung tanah
- Perencanaan kebutuhan tiang pancang dan konfigurasi tiang pancang

3. Perencanaan poer:

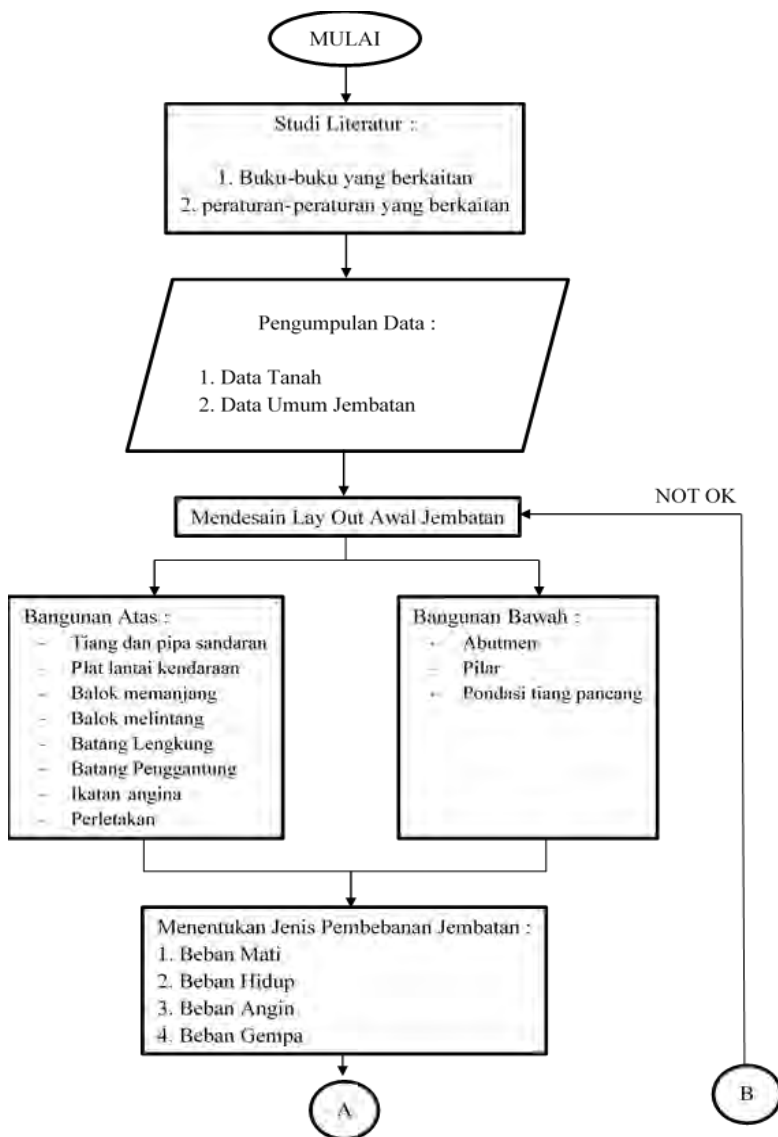
- Perencanaan dimensi poer
- Analisa gaya dalam yang terjadi akibat beban yang bekerja pada poer
- Perencanaan tulangan poer
- Kontrol geser pons

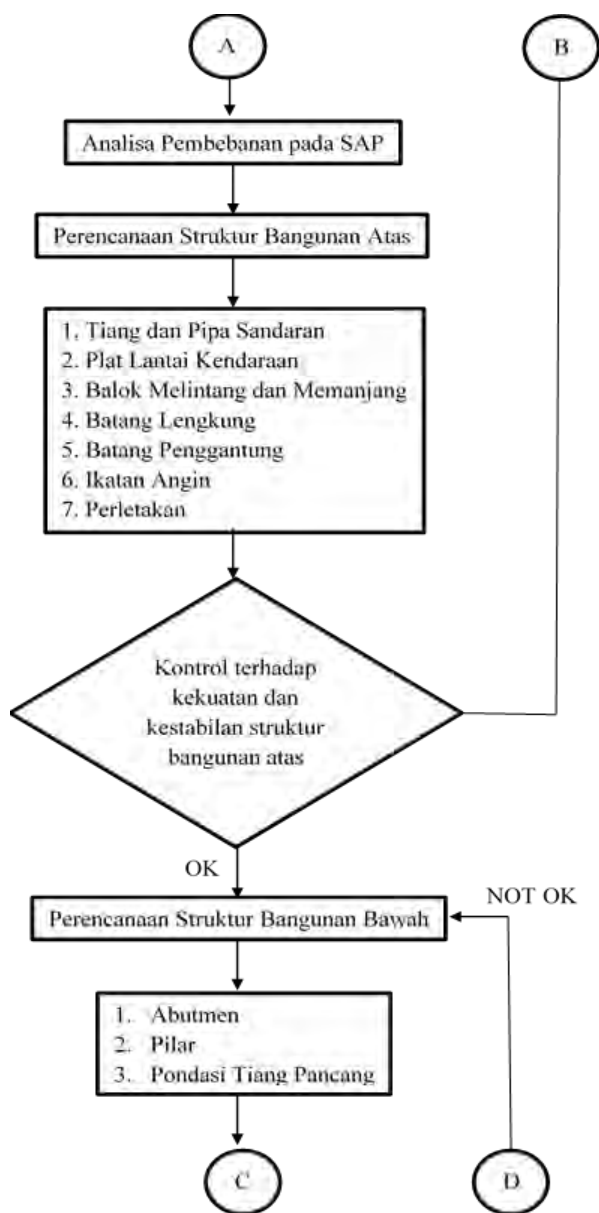
3.10. Penggambaran Hasil Rencana

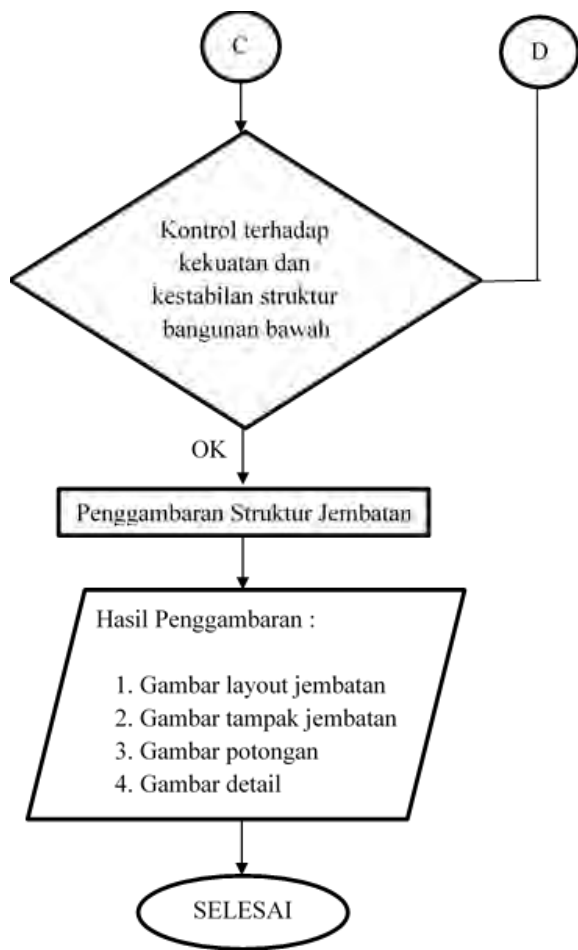
Agar desain yang dibuat lebih dimengerti, maka perlu dituangkan dalam bentuk gambar struktur. Gambar struktur meliputi:

1. Gambar denah jembatan
2. Gambar potongan memanjang dan melintang jembatan
3. Gambar denah gelagar
4. Gambar detail sambungan
5. Gambar detail dan penulangan abutmen
6. Gambar denah pondasi tiang pancang

3.11. Diagram Alir Metodologi





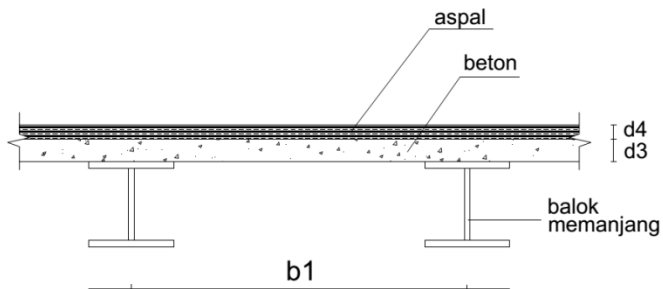


BAB IV

PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN

4.1. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Perencanaan plat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s , yang memenuhi ketentuan dalam **RSNI T-12-2004**



Gambar 4.1 Lantai kendaraan

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi pelat} &= t_s \geq 200 \text{ mm} \\
 &= t_s \geq 100 + 40 \text{ b1 mm} \\
 &= t_s \geq 100 + 40 (1,5 \text{ m}) \text{ mm} \\
 &= t_s \geq 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tebal pelat lantai = 200 mm

4.1.1. Pembebanan

a. Beban Mati (MS)

$$\begin{aligned}
 \text{Lantai jembatan} &= t_s \times \gamma_{\text{beton}} \times b \\
 &= 0,2 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\
 &= 5 \text{ kN/m} \\
 Q_{\text{MS}} &= 5 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

$$\begin{aligned}
 \text{Aspal + Overlay} &= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{Aspal}} \times b \\
 &= 0,07 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,54 \text{ kN/m} \\
 \text{Air hujan} &= t \text{ air hujan} \times \gamma_{\text{Air}} \times b \\
 &= 0,05 \text{ m} \times 9,8 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\
 &= 0,49 \text{ kN/m} \\
 Q_{MA} &= Q_{MA1} + Q_{MA2} \\
 &= 1,54 \text{ kN/m} + 0,49 \text{ kN/m} \\
 &= 2,03 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

c. Beban Hidup

- Beban Truk

Faktor beban dinamis, DLA = 30%

Beban truk, $T = 112,5 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
 P_{TT} &= T \times KD \\
 &= T \times (1 + DLA) \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\
 &= 146,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Beban Angin

Koefisien seret, $C_w = 1,2$

Tabel 4.1 Kecepatan Angin

Keterangan	Notasi	Layan	Ultimit	Satuan
Faktor Beban	Kew	1	1,2	
Kec. Angin	Vw	30	35	m/det

Sumber: RSNI T-02-2005

Keterangan:

Kecepatan angin didapat dari tabel **RSNI T-02-2005** **hal 34**, lokasi jembatan < 5 km dari pantai

Kondisi Layan

$$\begin{aligned}
 T_{ew} &= 0,001 \times C_w \times (V_w)^2 \\
 &= 0,001 \times 1,2 \times (30 \text{ m/det})^2 \\
 &= 1,296 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$P_{ew} = \frac{h/2}{1,75} \times T_{ew}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2m/2}{1,75} \times 1,296 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,741 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kondisi Ultimate

$$\begin{aligned}
 \text{Tew} &= 0,001 \times C_w \times (V_w)^2 \\
 &= 0,001 \times 1,2 \times (35 \text{ m/det})^2 \\
 &= 1,764 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pew} &= \frac{h/2}{1,75} \times \text{Tew} \\
 &= \frac{2m/2}{1,75} \times 1,764 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 1,008 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Pengaruh Temperatur

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor beban layan} &= 1 \\
 \text{Faktor beban ultimit} &= 1,2 \\
 \text{Temperatur rata-rata minimum} &= 15^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur rata-rata maksimum} &= 40^\circ\text{C} \\
 \text{Selisih temperatur} &= (40-15)^\circ\text{C} \\
 &= 25^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan beton} &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{Modulus elastisitas (E)} &= 25743 \text{ MPa} \\
 \text{Koefisien akibat temperatur } (\alpha) &= 0,00001 \\
 \text{Momen Inersia lantai beton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (200 \text{ mm})^3 \\
 &= 66666666,7 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

4.1.2. Perhitungan Momen

a. Akibat Beban Mati (Q_{MS})

$$\begin{aligned}
 &\text{- Momen tumpuan max} \\
 &= 1/12 \times Q_{MS} \times S^2 \\
 &= 1/12 \times 5 \text{ kN/m} \times (1,5 \text{ m})^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,938 \text{ kNm}$$

- Momen lapangan max

$$= 1/24 \times Q_{MS} \times S^2$$

$$= 1/24 \times 5 \text{ kN/m} \times (1,5 \text{ m})^2$$

$$= 0,469 \text{ kNm}$$

b. Akibat Beban Mati Tambahan (Q_{MA})

- Momen tumpuan max

$$= 5/48 \times Q_{MA} \times S^2$$

$$= 5/48 \times 2,03 \text{ kN/m} \times (1,5 \text{ m})^2$$

$$= 0,48 \text{ kNm}$$
- Momen lapangan max

$$= 5/96 \times Q_{MA} \times S^2$$

$$= 5/96 \times 2,03 \text{ kN/m} \times (1,5 \text{ m})^2$$

$$= 0,24 \text{ kNm}$$

c. Akibat Beban Hidup

- Akibat Beban Truk (P_{TT})

Momen tumpuan max

$$= 5/32 \times P_{TT} \times S$$

$$= 5/32 \times 146,3 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 34,28 \text{ kNm}$$

Momen lapangan max

$$= 9/64 \times P_{TT} \times S$$

$$= 9/64 \times 146,3 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 30,85 \text{ kNm}$$

- Akibat Beban Angin (P_{ew})

Kondisi Layan

Momen Tumpuan max

$$= 5/32 \times P_{ew} \times S$$

$$= 5/32 \times 0,741 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 0,17 \text{ kNm}$$

Momen Lapangan max

$$= 9/64 \times P_{ew} \times S$$

$$= 9/64 \times 0,741 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 0,16 \text{ kNm}$$

Kondisi Ultimit

Momen Tumpuan max

$$= 5/32 \times P_{ew} \times S$$

$$= 5/32 \times 1,008 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 0,24 \text{ kNm}$$

Momen Lapangan max

$$= 9/64 \times P_{ew} \times S$$

$$= 9/64 \times 1,008 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 0,21 \text{ kNm}$$

- Akibat Pengaruh Temperatur (T)

Momen Tumpuan max

$$= 1/4 \times \Delta T \times \alpha \times EI/h$$

$$= 1/4 \times 25^\circ\text{C} \times 0,00001 \times (1,7 \times 10^{13}/200\text{mm})$$

$$= 5,4 \text{ kNm}$$

Momen Lapangan max

$$= 7/8 \times \Delta T \times \alpha \times EI/h$$

$$= 7/8 \times 25^\circ\text{C} \times 0,00001 \times (1,7 \times 10^{13}/200\text{mm})$$

$$= 18,77 \text{ kNm}$$

4.1.3. Kombinasi Beban Pada Pelat Lantai

Rekapitulasi momen lapangan dan tumpuan

Tabel 4.2 Rekapitulasi Momen Lapangan Dan Tumpuan Pada Plat

No	Jenis beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ultimate	M Lap(kNm)	M tump (kNm)
1	B. Mati	Kms	1	1.3	0.469	0.938
2	B. Mati Tambahan	Kma	1	2	0.24	0.48
3	Beban Truk	Ktt	1	1.8	30.85	34.28
4	Pengaruh temperatur	Ket	1	1.2	18.77	5.36
5a	Beban angin	Kew	1		0.16	0.17
5b	Beban angin	Kew		1.2	0.21	0.24

Sumber: Analisa Perhitungan

Kombinasi 1 Momen Lapangan

Tabel 4.3 Kombinasi 1 Momen Lapangan Pada Pelat

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Lap(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit
		Layan	Ultimate			Ms Lap		Mu Lap
1	B. Mati	1	1.3	0.469	x KBL	0.469	x KBU	0.609
2	B. Mati Tambahan	1	2	0.24	x KBL	0.238	x KBU	0.476
3	Beban Truk	1	1.8	30.85	x KBL	30.850	x KBU	55.529
4	Peng. temperatur	1	1.2	18.77	oKBL	18.771	o KBL	18.771
5a	Beban angin	1		0.16				
5b	Beban angin		1.2	0.21				
					Σ	50.327	Σ	75.385

Sumber: Analisa Perhitungan

Kombinasi 2 Momen Lapangan

Tabel 4.4 Kombinasi 2 Momen Lapangan Pada Pelat

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Lap(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit
		Layan	Ultimate			Ms Lap		Mu Lap
1	B. Mati	1	1.3	0.469	x KBL	0.469	x KBU	0.609
2	B. Mati Tambahan	1	2	0.24	x KBL	0.238	x KBU	0.476
3	Beban Truk	1	1.8	30.85	o KBL	30.850	o KBL	30.850
4	Peng. temperatur	1	1.2	18.77	0,7KBL	13.140		
5a	Beban angin	1		0.16				
5b	Beban angin		1.2	0.21				
					Σ	44.696	Σ	31.935

Sumber: Analisa Perhitungan

Kombinasi 1 Momen Tumpuan
Tabel 4.5 Kombinasi 1 Momen Tumpuan Pada Pelat

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Tump(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit	
		Layan	Ultimate			Ms Tum		Mu Tum	
1	B. Mati	1	1.3	0.938	x KBL	0.938	x KBU	1.219	
2	B. Mati Tambahan	1	2	0.48	x KBL	0.476	x KBU	0.952	
3	Beban Truk	1	1.8	34.28	x KBL	34.277	x KBU	61.699	
4	Pengaruh temperatu	1	1.2	5.36	oKBL	5.36	o KBL	5.36	
5a	Beban angin	1		0.17					
5b	Beban angin		1.2	0.24					
Sumber: Analisa Perhitungan						Σ	41.054	Σ	69.233

Kombinasi 2 Momen Tumpuan
Tabel 4.6 Kombinasi 2 Momen Tumpuan Pada Pelat

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Tump(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit	
		Layan	Ultimate			Mu Tum		Mu Tum	
1	B. Mati	1	1.3	0.938	x KBL	0.938	x KBU	1.219	
2	B. Mati Tambahan	1	2	0.48	x KBL	0.476	x KBU	0.952	
3	Beban Truk	1	1.8	34.28	o KBL	34.277	o KBL	34.277	
4	Pengaruh temperatu	1	1.2	5.36	0.7KBL	3.754			
5a	Beban angin	1		0.17					
5b	Beban angin		1.2	0.24					
Sumber: Analisa Perhitungan						Σ	39.445	Σ	36.448

4.1.4. Penulangan Plat Lantai

- Tulangan Lapangan
 - Data:
 - Momen rencana = 75,463 kNm
 - Mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 - Mutu baja $f_y = 390$ MPa
 - Tebal plat lantai rencana (T_p) = 200 mm
 - Decking beton (d') = 40 mm
 - Tebal efektif (d) = $h - d' = 160$ mm
 - Lebar lantai yang ditinjau, $b = 1000$ mm
 - Diameter tul. rencana = 16 mm

- Penulangan lentur

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\ = \frac{390}{0,85 \times 30} \\ = 15,29$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \\ = \frac{75385361,61}{0,8} \\ = 94231702,01 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \\ = \frac{94231702,01}{1000 \times 160^2} \\ = 3,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ = 0,034$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \\ = \frac{1,4}{390} \\ = 0,0036$$

$$\rho_{\text{max}} = 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\ = 75\% \times 0,034 \\ = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3,7}{390}} \right) \\ = 0,0102$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$ maka digunakan $\rho \text{ perlu} = 0,0102$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0102 \times 1000 \times 160 \\ &= 1638,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan lentur digunakan **D16 - 120 ($A_s = 1675,52 \text{ mm}^2$)**

- Penulangan bagi

$$\begin{aligned} A_s' &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\ &= 50\% \times 1675,52 \text{ mm}^2 \\ &= 837,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **D13 - 150 ($A_s' = 884,88 \text{ mm}^2$)**

- Tulangan Tumpuan

- Data:

Momen rencana = 69,748 kNm

Mutu beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$

Mutu baja $f_y = 390 \text{ MPa}$

Tebal plat lantai rencana (T_p) = 200 mm

Decking beton (d') = 40 mm

Tebal efektif (d) = $h - d' = 160 \text{ mm}$

Lebar lantai yang ditinjau, $b = 1000 \text{ mm}$

Diameter tul. rencana = 16 mm

- Penulangan lentur

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 30} \\ &= 15,29 \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{69232647,96}{0,8} \\
&= 86540809,95 \text{ Nmm} \\
R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
&= \frac{86540809,95}{1000 \times 160^2} \\
&= 3,38 \text{ N/mm}^2 \\
\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
&= 0,034 \\
\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
&= \frac{1,4}{390} \\
&= 0,0036 \\
\rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
&= 75\% \times 0,034 \\
&= 0,025 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3,38}{390}} \right) \\
&= 0,0093
\end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$ maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0093$

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \times b \times d \\
&= 0,0093 \times 1000 \times 160 \\
&= 1493,48 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

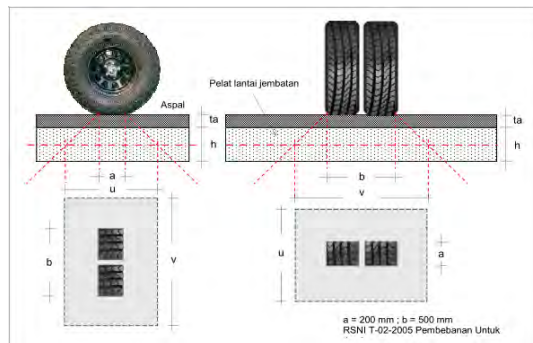
Maka untuk tulangan lentur digunakan **D16 - 120** ($A_s = 1675,52 \text{ mm}^2$)

- Penulangan bagi

$$\begin{aligned} A_s' &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\ &= 50\% \times 1675,52 \text{ mm}^2 \\ &= 837,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **D13 - 150** ($A_s' = 884,88 \text{ mm}^2$)

4.1.5. Kekuatan Plat Lantai Terhadap Geser



Gambar 4.2 Distribusi Geser Pons

Data:

Tebal aspal, t_a	= 70	mm
Tebal pelat, t_s	= 200	mm
Lebar roda, a	= 200	mm
Panjang roda, b	= 500	mm
Mutu beton, f_c'	= 30	MPa
Beban truk, P_{TT}	= 146,3	kN

Bidang geser pons

$$\begin{aligned} u &= a + 2 t_a + t_s \\ &= 200 + 140 + 200 \\ &= 540 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= b + 2 t_a + t_s \\ &= 500 + 140 + 200 \\ &= 840 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b' = (2 \times u) + (2 \times v)$$

$$= (2 \times 540) + (2 \times 840)$$

$$= 2760 \text{ mm}$$

Luas bidang geser pons (A_{pons})

$$A_{\text{pons}} = b' \times d$$

$$= 2760 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$$

$$= 552000 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser,

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b' \times d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2760 \times 200$$

$$= 503,9 \text{ kN}$$

$$V_u = \phi V_c$$

$$= 0,7 \times 503,9 \text{ kN}$$

$$= 352,73 \text{ kN}$$

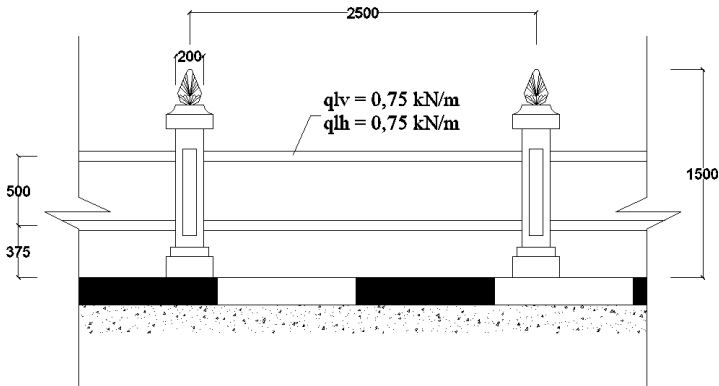
Kontrol

$$V_u > P_{TT}$$

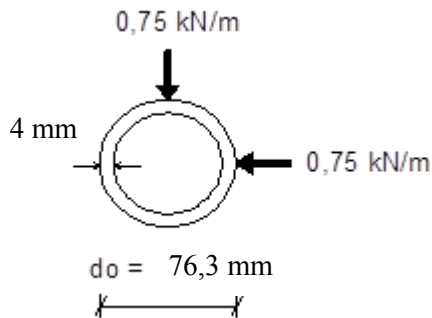
$$352,73 \text{ kN} > 146,3 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

4.2. Perencanaan Sandaran

4.2.1. Perencanaan Pipa Sandaran



Gambar 4.3 Beban Yang Bekerja Pada Pipa Sandaran



Gambar 4. 4 Profil Pipa Sandaran

Dasar perhitungan pipa sandaran

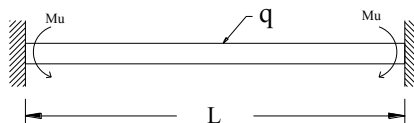
1. Beban mati (qDL) berasal dari berat sendiri pipa. Data umum pipa dapat dilihat pada *Tabel Baja Ir. Rudy Gunawan hal 46*.
2. Beban hidup (qLL) direncanakan berdasarkan **SNI T-02-2005**.

Analisa pembebanan

1. Beban Vertikal

Berat sandaran pejalan kaki	= 0,75	kN/m
Berat pipa sandaran Ø3"	= 0,071	kN/m
Berat total	= 0,821	kN/m

$$\begin{aligned}
 \text{Momen vertikal} &= 1/8 \times q \times \text{panjang pipa}^2 \\
 &= 1/8 \times 0,821 \times (2,5\text{m})^2 \\
 &= 0,642 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

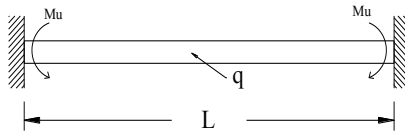


Gambar 4.5 Permodelan struktur akibat beban vertikal

2. Beban Horizontal

$$\begin{aligned}\text{Beban sandaran} &= \text{Berat sandaran pejalan kaki} \\ &= 0,75 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen horizontal} &= 1/8 \times q \times \text{panjang pipa}^2 \\ &= 1/8 \times 0,75 \times (2,5\text{m})^2 \\ &= 0,586 \text{ kNm}\end{aligned}$$

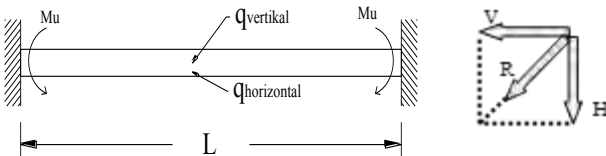


Gambar 4.6 Permodelan Struktur Akibat Beban Horizontal

Setelah didapat beban vertical dan horizontal maka dilakukan kontrol kekuatan pipa.

$$\begin{aligned}M_n &= 0,9 \times f_y \times \text{momen inersia pipa} \\ &= 0,9 \times 240 \text{ MPa} \times 15600 \text{ mm}^2 \\ &= 3369600 \text{ Nmm} \\ &= 3,37 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_r &= \sqrt{M_{\text{vertikal}}^2 + M_{\text{horizontal}}^2} \\ &= \sqrt{0,642^2 + 0,586^2} \\ &= 0,869 \text{ kNm}\end{aligned}$$



Gambar 4.7 Permodelan Struktur Akibat Beban Resultan

Kontrol kekuatan pipa

$$\begin{array}{lll}M_r/M_n & < & 1 \\ 0,869/3,37 & < & 1 \\ 0,258 & < & 1 \text{ (OK)}\end{array}$$

Lenduta yang terjadi pada pipa

$$\begin{aligned}\text{Lendutan ijin } (\delta_{ijin}) &= L/240 \\ &= 250/240 \\ &= 1,042 \text{ cm}\end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi akibat gaya vertikal

$$\begin{aligned}\delta_v &= \frac{5 \times q \text{ vertikal} \times L^4}{384 \times E \times I_x} \\ &= \frac{5 \times 0,821 \times 2,5^4}{384 \times 21000000000 \times 59,5 \times 10^8} \\ &= 0,0000334 \text{ m} \\ &= 0,0033 \text{ cm}\end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi akibat gaya horizontal

$$\begin{aligned}\delta_v &= \frac{5 \times q \text{ horizontal} \times L^4}{384 \times E \times I_x} \\ &= \frac{5 \times 0,75 \times 2,5^4}{384 \times 21000000000 \times 59,5 \times 10^8} \\ &= 0,0000305 \text{ m} \\ &= 0,0031 \text{ cm}\end{aligned}$$

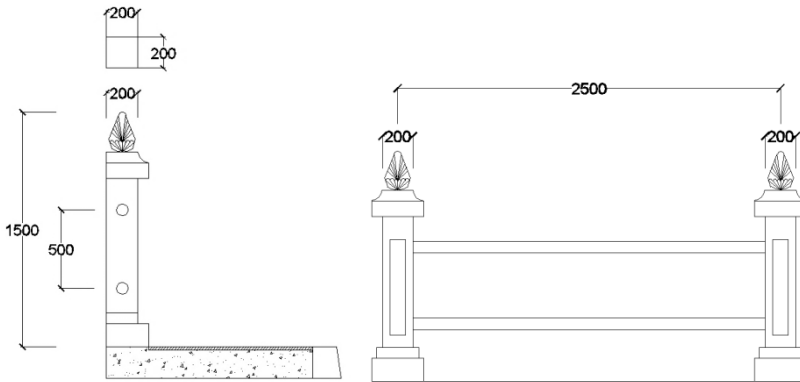
Lendutan resultan

$$\begin{aligned}\delta_r &= \sqrt{\delta_v^2 + \delta_h^2} \\ &= \sqrt{0,0033^2 + 0,0031^2} \\ &= 0,005 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}\delta_r &< \delta_{ijin} \\ 0,005 \text{ cm} &< 1,042 \text{ cm (OK)}\end{aligned}$$

4.2.2. Perencanaan Tiang Sandaran



Gambar 4.8 Detail Tiang Sandaran

Analisa pembebanan

1. Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri tiang} &= b \times h \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,2 \times 0,2 \times 1,5 \times 25 \\ &= 1,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pipa sandaran} &= \text{berat pipa} \times n \times L_{\text{pipa}} \\ &= 0,0713 \times 2 \times 2,5 \\ &= 0,357 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total (PDL)} &= \text{berat sendiri tiang} + \text{berat pipa} \\ &= 1,5 \text{ kN} + 0,357 \text{ kN} \\ &= 1,857 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MDL} &= \text{PDL} \times b/2 \\ &= 1,857 \times (0,2 \text{ m} / 2) \\ &= 0,186 \text{ kNm}\end{aligned}$$

2. Beban hidup

$$\text{Beban pejalan kaki (qL)} = 0,75 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pejalan kaki (PLL)} &= qL \times L \\ &= 0,75 \text{ kN/m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 1,875 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MLL &= PLL \times h \\
 &= 1,875 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 2,813 \text{ kNm} \\
 Pu &= (1,2 \times PDL) + (1,6 \times PLL) \\
 &= (1,2 \times 1,857) + (1,6 \times 1,875) \\
 &= 5,228 \text{ kN} \\
 Mu &= (1,2 \times MDL) + (1,6 \times MLL) \\
 &= (1,2 \times 0,186) + (1,6 \times 2,813) \\
 &= 4,723 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Penulangan tiang sandaran

1. Penulangan lentur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'} \times \frac{240}{240}} \\
 &= \frac{f_y}{0,85 \times 30} \\
 &= 9,41
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{4722780}{0,8} \\
 &= 5903475 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{5903475}{200 \times 200^2} \\
 &= 0,738 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,065 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{240}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,006 \\
 \rho_{\max} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,065 \\
 &= 0,048 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,738}{240}} \right) \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan

$\rho_{\min} = 0,006$

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' - \emptyset \text{ tul. lentur} - (0,5 \times \emptyset \text{ tul. bagi}) \\
 &= 200 - 30 - 12 - (0,5 \times 8) \\
 &= 154 \text{ mm} \\
 &= 0,154 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,006 \times 200 \times 154 \\
 &= 179,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan lentur digunakan **4 Ø12 ($A_s = 226,195 \text{ mm}^2$)**

2. Penulangan geser

$$V_u = P_u = 5,228 \text{ kN} = 5227,8 \text{ N}$$

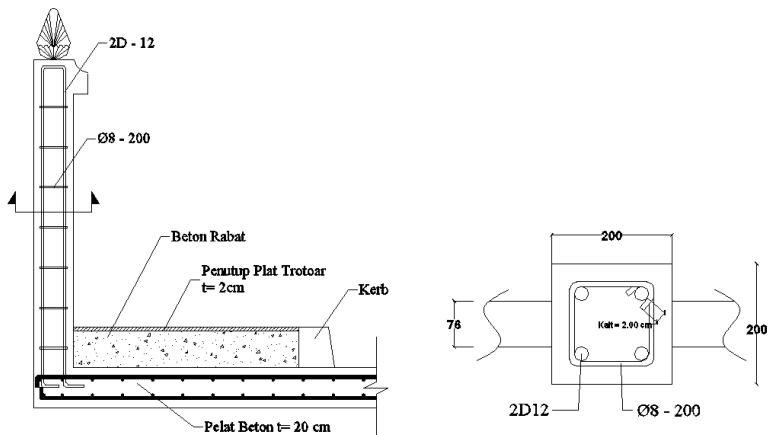
$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{6} \right) \times b_w \times d \\
 &= \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 200 \times 154 \\
 &= 28116,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_c &= 0,75 \times V_c \\
 &= 0,75 \times 28116,4 \text{ N} = 21087,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, dari kontrol yang didapat $V_u = 5227,8 \text{ N}$ $< \phi V_c = 21087,3 \text{ N}$, maka tidak perlu tulangan geser. Walaupun tidak menggunakan tulangan geser tapi untuk menjaga kestabilan struktur maka dipasang tulangan geser minimum dengan jarak maksimal.

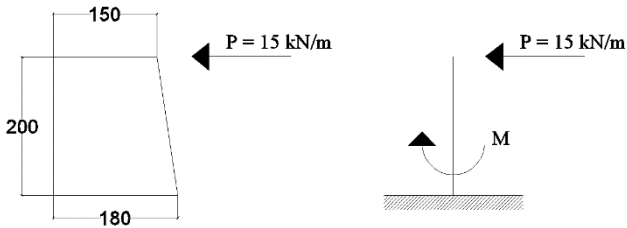
$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \times b \times \sqrt{f_y}} \\
 &= \frac{100,53 \times 240}{\frac{1}{3} \times 200 \times \sqrt{30}} \\
 &= 66,076
 \end{aligned}$$

Maka untuk menjaga kestabilan struktur dipasang tulangan geser $\text{Ø8} - 200$ ($A_s = 100,53 \text{ mm}^2$)



Gambar 4.9 Detail Penulangan Tiang Sandaran

4.3. Perencanaan Kerb



Gambar 4.10 Gaya Yang Bekerja Pada Kerb

Beban hidup pada kerb diperhitungkan menggunakan beban tumbukan kerb yaitu 15 kN/m yang bekerja secara horizontal terhadap kerb.

Perhitungan momen

$$\begin{aligned}
 M_u &= P \times b \times t \times K_u^{TP} \\
 &= 15 \text{ kN/m} \times 1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,8 \\
 &= 5,4 \text{ kNm} \\
 &= 5400000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Penulangan kerb

- Data

$$\begin{aligned}
 M_u &= 5400000 \text{ Nmm} \\
 f_c' &= 30 \text{ MPa} \\
 f_y &= 240 \text{ MPa} \\
 \varnothing \text{ tul. lentur} &= 12 \text{ mm} \\
 \varnothing \text{ tul. bagi} &= 8 \text{ mm} \\
 h &= 200 \text{ mm} \\
 d' &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Penulangan lentur

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' - \varnothing \text{ tul. lentur} - (0,5 \times \varnothing \text{ tul. bagi}) \\
 &= 200 - 20 - 12 - (0,5 \times 8) \\
 &= 166 \text{ mm} \\
 &= 0,164 \text{ m} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{240}{0,85 \times 30} \\
&= 9,41 \\
M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
&= \frac{5400000}{0,8} \\
&= 6750000 \text{ Nmm} \\
R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
&= \frac{6750000}{200 \times 164^2} \\
&= 1.255 \text{ N/mm}^2 \\
\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
&= 0,065 \\
\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
&= \frac{1,4}{240} \\
&= 0,006 \\
\rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
&= 75\% \times 0,065 \\
&= 0,048 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,255}{240}} \right) \\
&= 0,005 \\
&\text{Kontrol, } \rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}
\end{aligned}$$

Karena dari kontrol yang didapat ρ perlu $< \rho$ min maka digunakan ρ min = 0,006

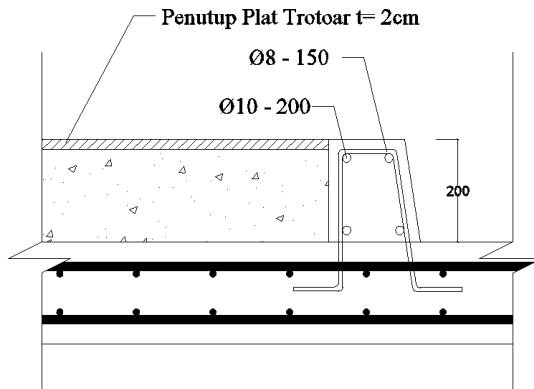
$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006 \times 180 \times 164 \\ &= 172,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan lentur digunakan **Ø 12- 200** ($A_s = 392,69 \text{ mm}^2$)

- Penulangan bagi

$$\begin{aligned} A_s' &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\ &= 50\% \times 329,69 \text{ mm}^2 \\ &= 196,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **Ø8 – 150** ($A_s' = 335,1 \text{ mm}^2$)



Gambar 4.11 Detail Penulangan Kerb

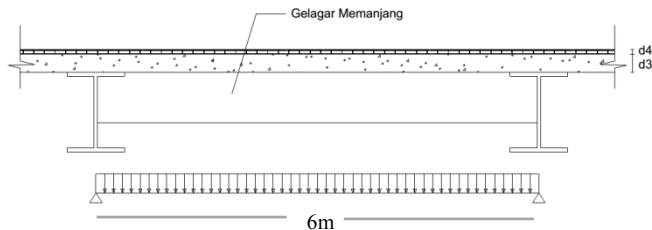
BAB V

PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN

Untuk perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 55 dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tegangan leleh $f_y = 410$ MPa
- Tegangan ultimate $f_u = 550$ MPa
- Modulus elastisitas $E = 200000$ MPa

5.1. Perencanaan Gelagar Memanjang Bentang 6 m



Gambar 5.1 Detail Perencanaan Gelagar

Untuk Perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : **500 x 200 x 9 x 16**

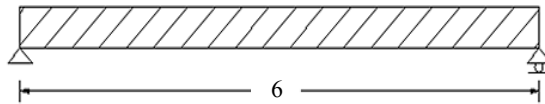
- Data-data profil :

A	= 83,9	cm ²	;	I _x	= 45182	cm ⁴
b	= 200	mm	;	I _y	= 2136	cm ⁴
d	= 500	mm	;	i _x	= 20,6	cm
t _f	= 16	mm	;	i _y	= 4,47	cm
t _w	= 9	mm	;	S _x	= 1807	cm ³
g	= 83,9	kg/m	;	S _y	= 213,6	cm ³
Z _x	= 2042	cm ³	;	Z _y	= 329	cm ³
h	= 428	mm				

5.1.1. Pembebanan

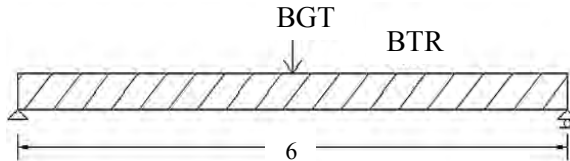
a. Beban mati

- Pelat (beton) $= B_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{pelat}}$
 $= 25 \text{ kN/m}^3 \times 1,5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
 $= 7,5 \text{ kN/m}$
- Aspal $= B_{\text{aspal}} \times b_1 \times t_{\text{aspal}}$
 $= 22 \text{ kN/m}^3 \times 1,5 \text{ m} \times 0,07 \text{ m}$
 $= 2,31 \text{ kN/m}$
- Bekisting $= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times b_1$
 $= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m}$
 $= 0,8 \text{ kN/m}$
- Berat profil $= 0,839 \text{ kN/m}$



Gambar 5.2 Pembebanan Pada Beban Mati

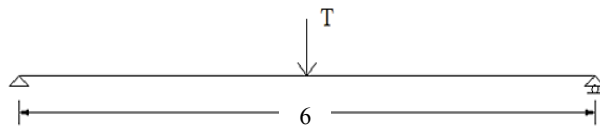
b. Beban hidup



Gambar 5.3 Pembebanan BTR dan BGT

- BTR
 $BTR = \text{Untuk } L > 30 \text{ m}$
 $q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$
 $q = 9.0 (0.5 + 15/210) \text{ kPa}$
 $q = 5,14 \text{ kN/m}^2$
 $q_{BTR} = q \times b_1$
 $= 5,14 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m}$
 $= 7,71 \text{ kN/m}$

- BGT
 $DLA = 30 \% \text{ untuk } L > 90 \text{ m}$
 $P_{BGT} = 49 \text{ kN/m}$
 $P = P_{BGT} (1 + DLA) \times b1$
 $= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 1,5 \text{ m}$
 $= 95,55 \text{ kN}$
- Truk (T)



Gambar 5.4 Pembebanan Truk

$$DLA = 0,3$$

$$T = 112,5 \text{ kN (R-SNI T-02-2005)}$$

Menurut R-SNI T-02-2005 Pasal 6.4.1 tentang besarnya beban truk "T" di tentukan:

$$\begin{aligned} T_u &= T \times (1 + DLA) \\ &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\ &= 146,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rekapitulasi pembebanan

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban Mati (DL)			
Beban Pelat beton	7,50 kN/m	1,3	9,75 kN/m
Beban Aspal	2,31 kN/m	1,3	3,00 kN/m
Beban Bekisting	0,75 kN/m	1,4	1,05 kN/m
Beban sendiri profil	0,84 kN/m	1,1	0,92 kN/m
Beban Hidup (DL)			
Beban BTR	7,71 kN/m	1,8	13,9 kN/m
Beban BGT	95,55 kN	1,8	171,99 kN
Beban Truk	146,25 kN	1,8	263,3 kN

Sumber: Analisa Perhitungan

5.1.2. Perhitungan Momen

a. Akibat beban mati

$$Q_{\text{Total}} = 9,75 \text{ kN/m} + 3 \text{ kN/m} + 1,05 \text{ kN/m} + 0,92 \text{ kN/m} \\ = 14,726 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{DL}} = \frac{1}{8} \times Q_{\text{total}} \times \lambda^2 = \frac{1}{8} \times 14,726 \text{ kN/m} \times (6\text{m})^2 \\ = 66,27 \text{ kNm}$$

b. Akibat beban hidup

- Akibat BTR dan BGT

$$M_L = \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 + \frac{1}{4} \times P \times \lambda \\ = \frac{1}{8} \times 13,9 \times 6^2 + \frac{1}{4} \times 171,99 \times 6 \\ = 320,47 \text{ kNm}$$

- Akibat Truk

$$M_T = \frac{1}{4} \times P \times \lambda = \frac{1}{4} \times 263,3 \times 6\text{m} = 394,88 \text{ kNm}$$

Karena $M_L < M_T$, maka dipakai momen akibat beban Truk yaitu sebesar $M_T = 394,88 \text{ kNm}$

$$\text{Momen Total} = M_{\text{DL}} + M_T \\ = 66,27 \text{ kNm} + 394,88 \text{ kNm} \\ = 461,14 \text{ kNm}$$

5.1.3. Kontrol Kekuatan Lentur

- Tekuk lokal (RSNI T-03-2005 ps.7.2)

- Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 20,07$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{9} = 47,56$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 2042000 \times 410$$

$$= 837220000 \text{ Nmm} = 837,22 \text{ kNm}$$

$$M_u < \phi M_n$$

$$461,14 \text{ kNm} < 0,9 \times 837,22 \text{ kNm}$$

$$461,14 \text{ kNm} < 753 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

- Tekuk lateral (RSNI T-03-2005 ps.7.3)

Dipasang shear connector praktis sejarak 150 cm sebagai pengaku arah lateral

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 44,7 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 1737,6 \text{ mm}$$

$$L \leq L_p \rightarrow \text{Bentang pendek}$$

$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 2042000 \times 410$$

$$= 837220000 \text{ Nmm} = 837,22 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen :

$$\phi M_n = 0,90 \times 837,22 \text{ kNm}$$

$$= 753 \text{ kNm} > M_u = 461,8 \text{ kNm}$$

5.1.4. Kontrol Lendutan

Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah $L/800$.

$$\delta_{ijin} = 600/800 = 0,75 \text{ cm}$$

a. Lendutan akibat beban hidup (BTR + BGT)

$$\begin{aligned}\delta_{(udl + kel)} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1 \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{7,71 \times (600)^4}{2 \times 10^6 \times 45182} + \frac{1}{48} \times \frac{9555 \times (600)^3}{2 \times 10^6 \times 45182} \\ &= 0,62 \text{ cm}\end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban truk

$$\begin{aligned}\delta_{(T)} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (600)^3}{2 \times 10^6 \times 45182} = 0,73 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk = 0,73 cm

$$\delta_{(T)} \leq \delta_{ijin}$$

$$0,73 \leq 0,75 \text{ OK}$$

5.1.5. Kontrol Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup (BTR + BGT) :

$$\begin{aligned}V_{a \max} &= (P \times 1) + \left(Q_L \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\ &= (171,99 \times 1) + \left(13,9 \times \frac{1}{2} \times 6 \right) \\ &= 213,65 \text{ kN}\end{aligned}$$

b. Untuk beban T :

$$\begin{aligned} V_{a \max} &= T \times (1 + DLA) \times 1 \times LF \\ &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 1,8 \\ &= 263,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Untuk beban Qd :

$$\begin{aligned} V_{a \max} &= \left(Q_d \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\ &= \left(14,7 \times \frac{1}{2} \times 6 \right) \\ &= 44,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi V_a yang digunakan adalah V_a akibat beban truk sebesar 263,25 kN. Maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8) :

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{9} = 47,6$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)_2} = 27,90$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{27,9 \times 2 \times 10^5}{410}} = 128,32$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times (50 \times 0,9) \\ &= 996,3 \text{ kN} \\ &= 996,3 \text{ kN} \geq 263,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.1.6. Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- $1/5$ bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

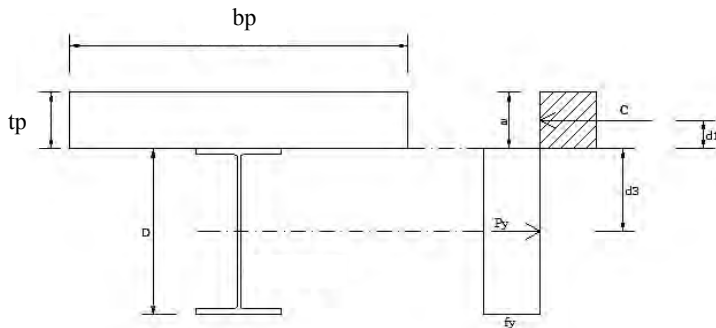
$L = 6000$ mm (panjang bentang)

$\lambda = 1,5$ m (jarak antar gelagar memanjang)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{6000}{5} = 1200 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq \lambda = 1500 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $b_{eff} = 1200$ mm



Gambar 5.5 Distribusi Gaya Pada Penampang

Sumber: RSNI T-03-2005 Gambar 12

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{9} = 47,56$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Menentukan garis netral :

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 1200 \times 200 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$C1 = A_s \times f_y = 10691 \times 410 = 4383310 \text{ N}$$

$$C2 = 0.85 f'_c \times A_c = 0.85 \times 30 \times 240000 = 6120000 \text{ N}$$

Sehingga nilai c diambil yang terkecil yaitu $C1 = 4383310 \text{ N}$

$$a = \frac{c}{0.85 \times f'_c \times b_{eff}} = \frac{4383310 \text{ N}}{0.85 \times 30 \times 1200} = 143,2 \text{ mm}$$

karena $a \leq t$ maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 200 - 143,2/2 = 128,38 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 500/2 = 250 \text{ mm}$$

$$p_y = A_s \times f_y = 106,91 \times 410 = 4383310 \text{ N}$$

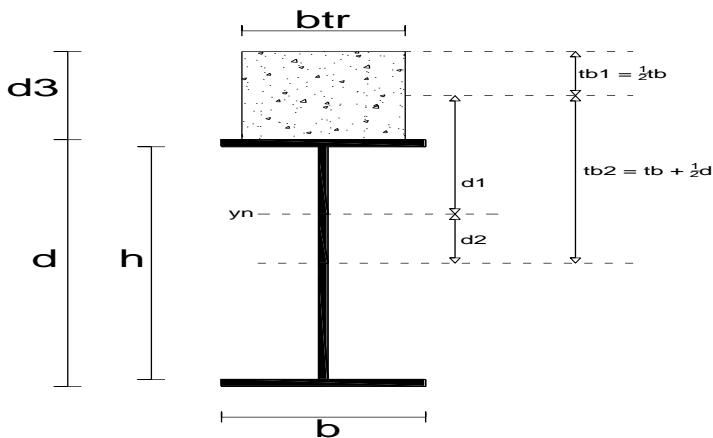
$$\begin{aligned} M_n &= C (d_1 + d_2) + p_y (d_3 - d_2) \\ &= 4383310 \text{ N} (143,2 + 0) + 4383310 \text{ N} (250 - 0) \\ &= 1658544948,43 \text{ Nmm} \\ &= 1658,545 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,90 \times 1658,545 \text{ kNm} \\ &= 1493 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$= 1493 \text{ kNm} > M_u = 461,1 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

Menghitung momen inersia penampang



Gambar 5.6 Gelagar Komposit

- Menentukan nilai n

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25743 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= 7,7$$

- Luas konversi terhadap baja

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$= \frac{120}{7,7}$$

$$= 15,4 \text{ cm}$$

- Luas total (A_{tr})

$$A_{tr} = b_{tr} \times d_3$$

$$= 15,4 \times 20 = 308,9 \text{ cm}^2$$

- $tb_1 = \frac{1}{2} \times d_3$

$$= \frac{1}{2} \times 200 = 100 \text{ mm}$$

- $tb_2 = d_3 + (\frac{1}{2} \times d)$

$$= 200 + (\frac{1}{2} \times 500) = 450 \text{ mm}$$

- Mencari garis netral

Tabel 5.2 Garis Netral Penampang Komposit

	An	Jarak serat atas ke titik berat benda (tb1, tb2)	An x yn
Beton	30891,5	100	3089155,22
Baja	10691	450	4810950
Jumlah	41582,6	-	7900105,22

Sumber: Analisa Perhitungan

- $$Y_n = \frac{\sum A_n \cdot Y_n}{\sum A_n}$$

$$= \frac{7900105,22}{41582,6} = 190 \text{ mm}$$
- $$d_1 = Y_n - (\frac{1}{2} \times d_3)$$

$$= 190 + (\frac{1}{2} \times 200) = 89,9 \text{ mm}$$
- $$d_2 = t_{b2} - Y_n$$

$$= 450 - 190 = 260 \text{ mm}$$
- Momen inersia penampang

Tabel 5.3 Momen Inersia Penampang

	An	d	Io	Io + A d ²
Beton	30891,55	89,99	2083333333	2333477394
Baja	10691	260	451823560	1174612664

Sumber: Analisa Perhitungan

$$I_{\text{total}} = 2333477394 \text{ mm}^4 + 1174612664 \text{ mm}^4$$

$$= 3508090058 \text{ mm}^4$$

5.1.7. Perhitungan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (RSNI T-03-2005 (8.6)) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 600 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tinggi shear connector

Untuk diameter shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik
- 2 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik

Digunakan shear connector jenis paku / stud (ARCFIX *Stud Welding*) dengan data sebagai berikut:

- Diameter = 22 mm
- Tinggi = 125 mm
- Asc = 380,1 mm²
- fc' = 30 MPa
- Ec = 25743 MPa

Kapasitas nominal 1 stud

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times Asc (fc' \times Ec)^{0,5} \\ &= 0,5 \times Asc (fc' \times Ec)^{0,5} \\ &= 167030,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ls} &= 0,55 \times 2 \times 167030,2 \text{ N} \\ &= 183733 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja:

$$V = 263,25 \text{ kN}$$

Gaya geser persatuan panjang :

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{V \times At \times Y_c}{I_t} \\ &= \frac{263250 \times 308,9 \times 9}{350809} \\ &= 2086 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_L &< \phi V_{ls} \\ 2086 &< 0,75 \times 183733 \\ 2086 &< 137800 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Jumlah shear connector :

$$\begin{aligned} V_h &= A_s \times f_y \\ &= 1069100 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ MPa} \\ &= 4383310 \text{ N} \end{aligned}$$

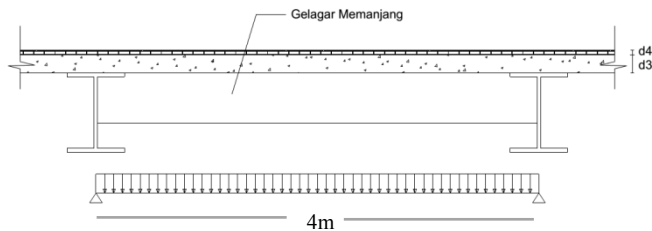
$$\begin{aligned}
 N &= \frac{Vh}{Q_n} \\
 &= \frac{4383310}{167030,2} \\
 &= 26 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah shear connector yang dibutuhkan sepanjang gelagar memanjang adalah $2 \times n = 52$ buah

Jarak antar konektor yang digunakan

$$S = \frac{600}{26} = 23 \text{ cm}$$

5.2. Perencanaan Gelagar Memanjang Bentang 4 m



Gambar 5.7 Detail Perencanaan Gelagar

Untuk Perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : **400 x 200 x 6 x 12**

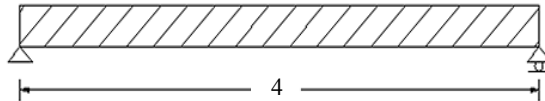
- Data-data profil :

A	$= 55.8$	cm^2	;	I_x	$= 20728.9 \text{ cm}^4$
b	$= 200$	mm	;	I_y	$= 1600,7 \text{ cm}^4$
d	$= 400$	mm	;	i_x	$= 17.1 \text{ cm}$
t_f	$= 12$	mm	;	i_y	$= 4,75 \text{ cm}$
t_w	$= 6$	mm	;	S_x	$= 1036,5 \text{ cm}^3$
g	$= 55.8$	kg/m	;	S_y	$= 160,1 \text{ cm}^3$
Z_x	$= 1143$	cm^3	;	Z_y	$= 243 \text{ cm}^3$
h	$= 344$	mm			

5.2.1. Pembebanan

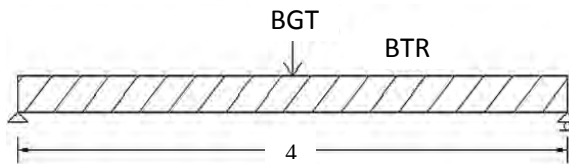
a. Beban mati

- Pelat (beton) = $B_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{pelat}}$
 $= 25 \text{ kN/m}^3 \times 1,5\text{m} \times 0,2 \text{ m}$
 $= 7,5 \text{ kN/m}$
- Aspal = $B_{\text{aspal}} \times b_1 \times t_{\text{aspal}}$
 $= 22 \text{ kN/m}^3 \times 1,5\text{m} \times 0,07 \text{ m}$
 $= 2,31 \text{ kN/m}$
- Bekisting = $0,5 \text{ kN/m}^2 \times b_1$
 $= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,5\text{m}$
 $= 0,8 \text{ kN/m}$
- Berat profil = $0,6 \text{ kN/m}$



Gambar 5.8 Pembebanan Pada Beban Mati

b. Beban hidup

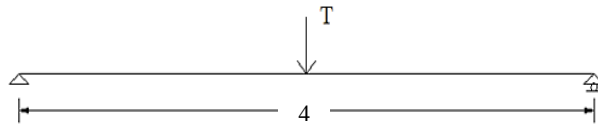


Gambar 5.9 Pembebanan BTR dan BGT

- BTR
 $BTR = \text{Untuk } L > 30 \text{ m}$
 $q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$
 $q = 9.0 (0.5 + 15/210) \text{ kPa}$
 $q = 5,14 \text{ kPa}$
 $q = 5,14 \text{ kN/m}^2$
 $q_{BTR} = q \times b_1$
 $= 5,14 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m}$
 $= 7,71 \text{ kN/m}$

- BGT
 - DLA = 30 % untuk $L > 90 \text{ m}$
 - $P_{\text{BGT}} = 49 \text{ kN/m}$
 - $P = P_{\text{BGT}} (1 + \text{DLA}) \times b_1$
 - $= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 1,5 \text{ m}$
 - $= 95,55 \text{ kN}$

- Truk (T)



Gambar 5.10 Pembebanan Truk

$$\text{DLA} = 0,3$$

$$T = 112,5 \text{ kN (R-SNI T-02-2005)}$$

Menurut R-SNI T-02-2005 Pasal 6.4.1 tentang besarnya beban truk “T” di tentukan:

$$\begin{aligned} T_u &= T \times (1 + \text{DLA}) \\ &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\ &= 146,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rekapitulasi pembebanan

Tabel 5.4 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban Mati (DL)			
Beban Pelat beton	7,50 kN/m	1,3	9,75 kN/m
Beban Aspal	2,31 kN/m	1,3	3,00 kN/m
Beban Bekisting	0,75 kN/m	1,4	1,05 kN/m
Beban sendiri profil	0,56 kN/m	1,1	0,61 kN/m
Beban Hidup (DL)			
Beban BTR	7,71 kN/m	1,8	13,9 kN/m

Beban BGT	95,55 kN	1,8	171,99 kN
Beban Truk	146,25 kN	1,8	263,3 kN

Sumber: Analisa Perhitungan

5.2.2. Perhitungan Momen

a. Akibat beban mati

$$Q_{\text{Total}} = 9,75 \text{ kN/m} + 3 \text{ kN/m} + 1,05 \text{ kN/m} + 0,61 \text{ kN/m}$$

$$= 14,4 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{DL}} = \frac{1}{8} \times Q_{\text{total}} \times \lambda^2 = \frac{1}{8} \times 14,4 \text{ kN/m} \times (4 \text{ m})^2$$

$$= 28,83 \text{ kNm}$$

b. Akibat beban hidup

- Akibat BTR dan BGT

$$M_L = \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 + \frac{1}{4} \times P \times \lambda$$

$$= \frac{1}{8} \times 13,9 \times 4^2 + \frac{1}{4} \times 171,99 \times 4$$

$$= 199,8 \text{ kNm}$$

- Akibat Truk

$$M_T = \frac{1}{4} \times P \times \lambda = \frac{1}{4} \times 263,3 \times 4 \text{ m} = 263,3 \text{ kNm}$$

Karena $M_L < M_T$, maka dipakai momen akibat beban Truk yaitu sebesar $M_T = 394,88 \text{ kNm}$

$$\text{Momen Total} = M_{\text{DL}} + M_T$$

$$= 28,83 \text{ kNm} + 263,3 \text{ kNm}$$

$$= 292,08 \text{ kNm}$$

5.2.3. Kontrol Kekuatan Lentur

- Tekuk lokal (RSNI T-03-2005 ps.7.2)

- Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 20,07$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{344}{6} = 57,33$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times f_y = 1143000 \times 410 \\ &= 468630000 \text{ Nmm} = 468,63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Tekuk lateral (RSNI T-03-2005 ps.7.3)
Dipasang shear connector praktis sejarak 150 cm sebagai pengaku arah lateral

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 47,5 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 1846,4 \text{ mm}$$

$$L \leq L_p \rightarrow \text{Bentang pendek}$$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times f_y = 1143000 \times 410 \\ &= 468630000 \text{ Nmm} = 468,63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kapasitas momen :

$$\phi M_n = 0,90 \times 468,63 \text{ kNm}$$

$$= 422 \text{ kNm} > M_u = 292,1 \text{ kNm}$$

5.2.4. Kontrol Lendutan

Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah $L/800$.

$$\delta_{ijin} = 400/800 = 0,5 \text{ cm}$$

a. Lendutan akibat beban hidup (BTR + BGT)

$$\begin{aligned} \delta_{(udl + kel)} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1 \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{7,71 \times (400)^4}{2 \times 10^6 \times 20729} + \frac{1}{48} \times \frac{9555 \times (400)^3}{2 \times 10^6 \times 20729} \\ &= 0,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban truk

$$\begin{aligned} \delta_{(T)} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (400)^3}{2 \times 10^6 \times 20729} = 0,47 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk = 0,47 cm

$$\begin{aligned} \delta_{(T)} &\leq \delta_{ijin} \\ 0,47 &\leq 0,5 \text{ OK} \end{aligned}$$

5.2.5. Kontrol Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup (BTR + BGT) :

$$V_{a \max} = (P \times 1) + \left(Q_L \times \frac{1}{2} \times \lambda \right)$$

$$= (171,99 \times 1) + \left(13,89 \times \frac{1}{2} \times 4 \right)$$

$$= 199,8 \text{ kN}$$

b. Untuk beban T :

$$\begin{aligned} V_{a \max} &= T \times (1 + DLA) \times 1 \times LF \\ &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 1,8 \\ &= 263,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Untuk beban Qd :

$$\begin{aligned} V_{a \max} &= \left(Q_d \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\ &= \left(14,4 \times \frac{1}{2} \times 4 \right) \\ &= 28,83 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi V_a yang digunakan adalah V_a akibat beban truk sebesar 263,25 kN. Maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8) :

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{344}{6} = 57,3$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 19,79$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{19,79 \times 2 \times 10^5}{410}} = 108,08$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times (40 \times 0,6) \\ &= 531,36 \text{ kN} \\ &= 531,36 \text{ kN} \geq 263,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.2.6. Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- $1/5$ bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

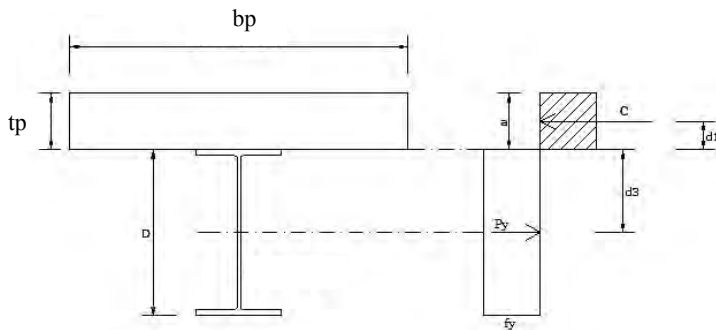
$L = 4000$ mm (panjang bentang)

$\lambda = 1,2$ m (jarak antar gelagar memanjang)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{4000}{5} = 800 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq \lambda = 1500 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $b_{eff} = 800$ mm



Gambar 5.11 Distribusi Gaya Pada Penampang

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{344}{6} = 57$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Menentukan garis netral :

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 800 \times 200 = 160000 \text{ mm}^2$$

$$C_1 = A_s \times f_y = 7106 \times 410 = 2913460 \text{ N}$$

$$C_2 = 0.85 f'_c \times A_c = 0.85 \times 30 \times 160000 = 4080000 \text{ N}$$

Sehingga nilai c diambil yang terkecil yaitu $C_1 = 2913460 \text{ N}$

$$a = \frac{c}{0.85 \times f'_c \times b_{eff}} = \frac{2913460 \text{ N}}{0.85 \times 30 \times 800} = 142 \text{ mm}$$

karena $a \leq t$ maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 200 - 142/2 = 128,59 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 400/2 = 200 \text{ mm}$$

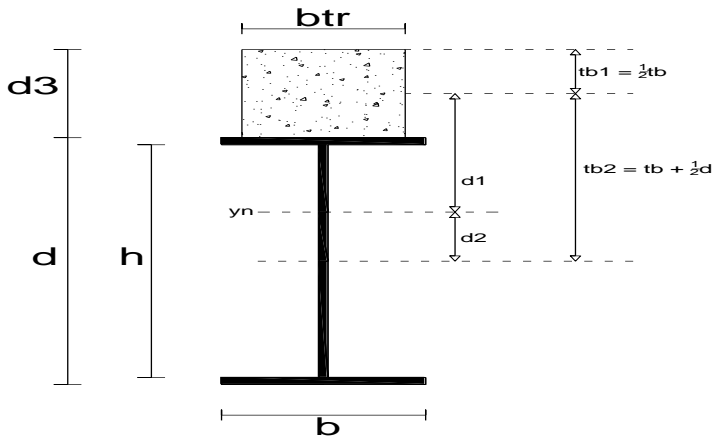
$$p_y = A_s \times f_y = 7106 \times 410 = 2913460 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C (d_1 + d_2) + p_y (d_3 - d_2) \\ &= 2913460 \text{ N} (128,59 + 0) + 2913460 \text{ N} (200 - 0) \\ &= 957338677,17 \text{ Nmm} \\ &= 957,34 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,90 \times 957,34 \text{ kNm} \\ &= 862 \text{ kNm} \\ &= 862 \text{ kNm} > M_u = 292,1 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

Menghitung momen inersia penampang



Gambar 5.12 Gelagar Komposit

- Menentukan nilai n

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25743 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= 7,7$$

- Luas konversi terhadap baja

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$= \frac{800}{7,7}$$

$$= 10,3 \text{ cm}$$

- Luas total (A_{tr})

$$A_{tr} = b_{tr} \times d_3$$

$$= 10,3 \times 20 = 205,94 \text{ cm}^2$$

- $tb_1 = \frac{1}{2} \times d_3$

$$= \frac{1}{2} \times 200 = 100 \text{ mm}$$

- $tb_2 = d_3 + (\frac{1}{2} \times d)$

$$= 200 + (\frac{1}{2} \times 400) = 400 \text{ mm}$$

- Mencari garis netral

Tabel 5.5 Garis Netral Penampang Komposit

	An	Jarak serat atas ke titik berat benda (tb1, tb2)	An x yn
Beton	20594,37	100	2059436,82
Baja	7106	400	2842400
Jumlah	27700,4	-	4901836,82

Sumber: Analisa Perhitungan

- $$Y_n = \frac{\sum A_n \cdot Y_n}{\sum A_n}$$

$$= \frac{4901836,82}{27700,4} = 177 \text{ mm}$$
- $$d_1 = Y_n - (\frac{1}{2} \times d_3)$$

$$= 177 + (\frac{1}{2} \times 200) = 76,96 \text{ mm}$$
- $$d_2 = t_{b2} - Y_n$$

$$= 400 - 177 = 223 \text{ mm}$$
- Momen inersia penampang

Tabel 5.6 Momen Inersia Penampang

	An	d	Io	Io + A d ²
Beton	20594,37	76,96	1066666667	1188641520
Baja	7106	223	207289000	560792383

Sumber: Analisa Perhitungan

$$I_{\text{total}} = 1188641520 \text{ mm}^4 + 560792383 \text{ mm}^4$$

$$= 1749433904 \text{ mm}^4$$

5.2.7. Perhitungan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (RSNI T-03-2005 (8.6)) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 600 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tinggi shear connector

Untuk diameter shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik
- 2 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik

Digunakan shear connector jenis paku / stud (ARCFIX *Stud Welding*) dengan data sebagai berikut:

- Diameter = 22 mm
- Tinggi = 125 mm
- Asc = 380,1 mm²
- fc' = 30 MPa
- Ec = 25743 MPa

Kapasitas nominal 1 stud

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times \text{Asc} (\text{fc}' \times \text{Ec})^{0,5} \\ &= 0,5 \times \text{Asc} (\text{fc}' \times \text{Ec})^{0,5} \\ &= 167030,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ls} &= 0,55 \times 2 \times 167030,2 \text{ N} \\ &= 183733 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja:

$$V = 263,3 \text{ kN}$$

Gaya geser persatuan panjang :

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{V \times A_t \times Y_c}{I_t} \\ &= \frac{263250 \times 205,9 \times 7,7}{174943,4} \\ &= 2385 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_L < \phi V_{ls}$$

$$2385 < 0,75 \times 183733$$

$$2385 < 137800 \quad \text{OK}$$

Jumlah shear connector :

$$\begin{aligned} V_h &= A_s \times f_y \\ &= 7106 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ MPa} \\ &= 2913460 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{V_h}{Q_n} \\ &= \frac{2913460}{167030,2} \\ &= 17 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi jumlah shear connector yang dibutuhkan sepanjang gelagar memanjang adalah $2 \times n = 35$ buah

Jarak antar konektor yang digunakan

$$S = \frac{400}{17} = 23 \text{ cm}$$

5.3. Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk Perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : **1000 x 450 x 16 x 38**

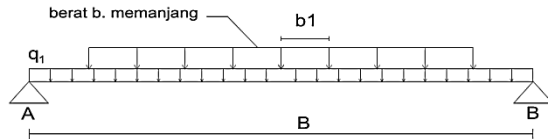
- Data-data profil :

A	= 492,34	cm ²	;	I _x	= 896851	cm ⁴
b	= 450	mm	;	I _y	= 57749	cm ⁴
d	= 1000	mm	;	i _x	= 42,7	cm
t _f	= 38	mm	;	i _y	= 10,83	cm
t _w	= 16	mm	;	S _x	= 17937	cm ³
g	= 386	kg/m	;	S _y	= 2566	cm ³
Z _x	= 19865	cm ³	;	Z _y	= 3907	cm ³
h	= 864	mm				

5.3.1. Pembebanan

- Beban Mati

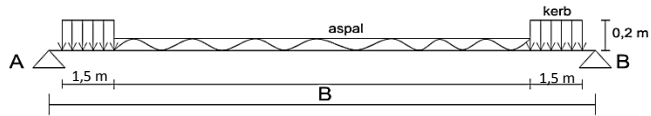
Sebelum komposit



Gambar 5.13 Pembebanan Gelagar Melintang

- Pelat (beton) $= B J_{\text{beton}} \times \lambda \times t_{\text{pelat}}$
 $= 25 \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
 $= 30 \text{ kN/m}$
- Balok memanjang $= W \times \lambda / b1$
 $= 0,77 \text{ kN/m} \times 6 \text{ m} / 1,5 \text{ m}$
 $= 3,1 \text{ kN/m}$
- Berat bekisting $= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times \lambda$
 $= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m}$
 $= 3 \text{ kN/m}$
- Berat profil $= 3,86 \text{ kN/m}$

Sesudah komposit



Gambar 5.14 Pembebanan Gelagar Melintang

- Berat aspal = $B_{J_{\text{aspal}}} \times \lambda \times t_{\text{aspal}}$
 $= 22 \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} \times 0,07 \text{ m}$
 $= 15,84 \text{ kN/m}$
- Berat kerb = $B_{J_{\text{beton}}} \times \lambda \times t_{\text{kerb}}$
 $= 25 \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
 $= 30 \text{ kN/m}$

b. Beban Hidup

- BTR

$$\begin{aligned}
 \text{BTR} &= \text{Untuk } L > 30 \text{ m} \\
 q &= 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \\
 q &= 9,0 (0,5 + 15/210) \text{ kPa} \\
 q &= 5,14 \text{ kPa} \\
 q &= 5,14 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{BTR}} &= q \times \lambda \\
 &= 5,14 \text{ kN/m}^2 \times 6 \text{ m} \\
 &= 30,86 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- BGT

$$\begin{aligned}
 \text{DLA} &= 30 \% \text{ untuk } L > 90 \text{ m} \\
 P_{\text{BGT}} &= 49 \text{ kN/m} \\
 P &= P_{\text{BGT}} (1 + \text{DLA}) \\
 &= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \\
 &= 63,7 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Truk

$$\begin{aligned}
 \text{DLA} &= 0,3 \\
 T &= 112,5 \text{ kN (R-SNI T-02-2005)}
 \end{aligned}$$

Menurut R-SNI T-02-2005 Pasal 6.4.1 tentang besarnya beban truk “T” di tentukan:

$$\begin{aligned}
 T_u &= T \times (1 + DLA) \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\
 &= 146,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi pembebanan
Tabel 5.7 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Melintang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban Mati (Sebelum komposit)			
Balok memanjang	3,1 kN/m	1.1	3,41 kN/m
Beban profil	3,86 kN/m	1.1	4,25 kN/m
Beban plat	30 kN/m	1.3	39 kN/m
Beban bekisting	3 kN/m	1.4	4,2 kN/m
Beban Mati (Setelah komposit)			
Beban aspal	9.24 kN/m	1.3	12.01 kN/m
Beban kerb	30 kN/m	1.3	39 kN/m
Beban Hidup			
BTR	30.86 kN/m	1.8	55.54 kN/m
BGT	63.7 kN/m	1.8	114.66 kN/m
Truk	146.25 kN	1.8	263.25 kN

Sumber: Analisa Perhitungan

5.3.2. Perhitungan Momen

a. Beban Mati

Sebelum komposit

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Total}} &= 3,41 \text{ kN/m} + 4,25 \text{ kN/m} + 39 \text{ kN/m} + 4,2 \text{ kN/m} \\
 &= 50,86 \text{ kN/m} \\
 M_{Q1} &= 1/8 \times Q_{D1} \times B^2 \\
 &= 1/8 \times 50,86 \text{ kN/m} \times (13,5 \text{ m})^2 \\
 &= 1158,7 \text{ kNm} \\
 V_{Q1} &= 1/2 \times Q_{D1} \times B \\
 &= 1/2 \times 50,86 \text{ kN/m} \times 13,5 \text{ m} \\
 &= 343,31 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Setelah komposit

$$\sum M_B = 0$$

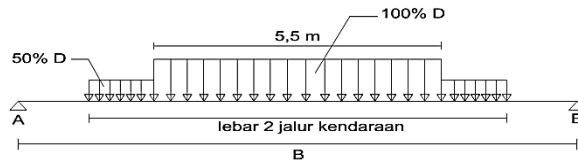
$$V_a \cdot 13,5 \text{ m} = (39 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \text{ m}) \cdot 12,8 \text{ m} + (12 \text{ kN/m} \cdot 10,5 \text{ m}) \cdot 6,8 \text{ m} + (39 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \text{ m}) \cdot 0,8 \text{ m}$$

$$V_a \cdot 13,5 \text{ m} = 1653,26 \text{ kNm}$$

$$V_a = 122,46 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{Q2} &= (122,46 \cdot 6,8 \text{ m}) - (39 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}) - (12 \text{ kN/m} \cdot 5,3 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ m}) \\ &= 316,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- b. Beban Hidup
- BTR + BGT



Gambar 5.15 Pembebanan Akibat BTR dan BGT

$$\text{Beban "D"} = \text{Beban BTR} + \text{Beban BGT}$$

$$= 55,54 \text{ kN/m} + 114,66 \text{ kN/m}$$

$$= 170,20 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = 100\% \times D = 100\% \times 170,20 \text{ kN/m} = 170,2 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 50\% \times D = 50\% \times 170,20 \text{ kN/m} = 85,10 \text{ kN/m}$$

$$V_a = V_b$$

$$= ((q_1 \times 5,5 \text{ m}) + (q_2 \times 5 \text{ m}))/2$$

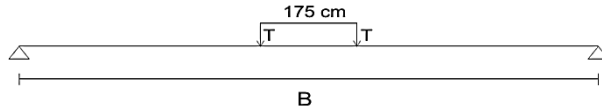
$$= ((170,2 \times 5,5 \text{ m}) + (85,10 \times 5 \text{ m}))/2$$

$$= 680,8 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = (680,8 \text{ kN} \cdot 5,25 \text{ m}) - (85,10 \text{ kN/m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}) - (170,2 \text{ kN/m} \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m})$$

$$= 2056 \text{ kNm}$$

- Beban truk “T”
Kondisi 1



Gambar 5.16 Pembebanan Akibat Truk (Kondisi 1)

$$\sum M_B = 0$$

$$V_a \cdot 13,5 \text{ m} = T_u(5,9\text{m} + 7,65\text{m})$$

$$V_a \cdot 13,5 \text{ m} = 263,3 \text{ kN} \times 13,55 \text{ m}$$

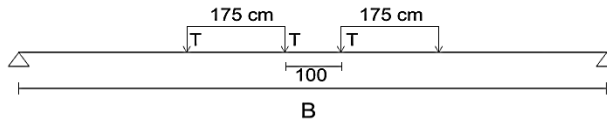
$$V_a = 263,25 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = (V_a \cdot 6,78\text{m}) - (T_u \cdot 0,87\text{m})$$

$$= (263,25 \text{ kN} \cdot 6,78 \text{ m}) - (263,3\text{kN} \cdot 0,87\text{m})$$

$$M_{\max} = 1546,6 \text{ kNm}$$

Kondisi 2



Gambar 5.17 Pembebanan Akibat Truk (Kondisi 2)

$$\sum M_B = 0$$

$$V_a \cdot 13,5 \text{ m} = T_u(9\text{m} + 7,3\text{m} + 6,3\text{m} + 4,5\text{m})$$

$$V_a \cdot 13,5 \text{ m} = 263,3 \text{ kN} \times 27,1 \text{ m}$$

$$V_a = 526,50 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = (V_a \cdot 6,7\text{m}) - T_u(2,25\text{m} + 0,5\text{m})$$

$$= (526,50\text{kN} \cdot 6,7 \text{ m}) - (263,3\text{kN} \cdot 2,75\text{m})$$

$$M_{\max} = 2829,9 \text{ kNm (menentukan)}$$

$$M_{\text{total}} = 1158,7 \text{ kNm} + 317 \text{ kNm} + 2829,9 \text{ kNm}$$

$$= 4304,83 \text{ kNm}$$

5.3.3. Kontrol Kekuatan Lentur

- Tekuk lokal (RSNI T-03-2005 ps.7.2)

- Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{450}{2 \times 38} = 6$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y} - f_r} = \frac{370}{\sqrt{410} - 70} = 20,07$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{864}{16} = 54$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times f_y = 19865000 \text{ mm} \times 410 \\ &= 8144650000 \text{ Nmm} = 8144,65 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Tekuk lateral (RSNI T-03-2005 ps.7.3)

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 105,8 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 4112,6 \text{ mm}$$

$$L \leq L_p \rightarrow \text{Bentang pendek}$$

$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 19865000 \text{ mm} \times 410 \\ = 8144650000 \text{ Nmm} = 8144,65 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen :

$$\phi M_n = 0,90 \times 8144,65 \text{ kNm} \\ = 7330 \text{ kNm} > M_u = 4304,8 \text{ kNm}$$

5.3.4. Kontrol Lendutan

Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah $L/800$.

$$\delta_{ijin} = 1350/800 = 1,69 \text{ cm}$$

a. Lendutan akibat beban hidup (BTR + BGT)

$$\delta_{(udl + kel)} = \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} \\ = \frac{5}{384} \times \frac{63,7 \times (1350)^4}{2 \times 10^6 \times 896851} \\ = 1,54 \text{ cm}$$

b. Lendutan akibat beban tuk

$$\delta_{(T)} = \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ = \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (1350)^3}{2 \times 10^6 \times 896851} = 0,42 \text{ cm}$$

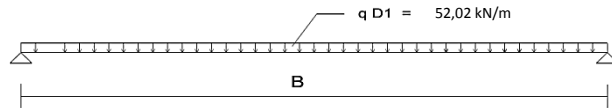
Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban BTR+BGT = 1,54 cm

$$\delta_{(T)} \leq \delta_{ijin}$$

$$1,54 \leq 1,69 \dots \text{OK}$$

5.3.5. Kontrol Geser

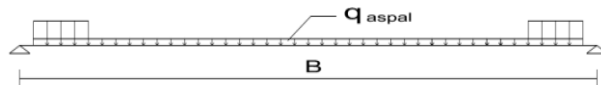
a. Gaya geser sebelum komposit :



Gambar 5.18 Beban Merata Geser Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} V_{aD1} &= 0,5 \times Q_{D1} \times B \\ &= 0,5 \times 50,86 \text{ kN/m} \times 13,5 \text{ m} \\ &= 343,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

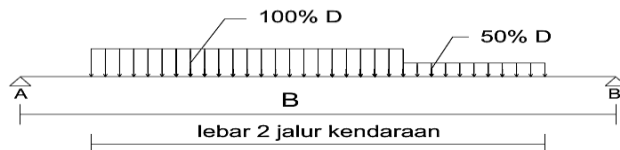
b. Gaya geser setelah komposit :



Gambar 5.19 Beban Merata Geser Setelah Komposit

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ V_a \cdot 13,5 \text{ m} &= (39 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \text{ m}) \cdot 12,8 \text{ m} + (12 \text{ kN/m} \cdot 10,5 \text{ m}) \cdot 6,8 \text{ m} \\ &\quad + (39 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \text{ m}) \cdot 0,8 \text{ m} \\ V_a \cdot 13,5 \text{ m} &= 1653,3 \text{ kN.m} \\ V_a &= 122,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Gaya geser akibat BTR+BGT tidak simetris :



Gambar 5.20 Gaya Geser Akibat BTR+BGT Tak Simetris

“D” BTR 100% = 55,54 kN/m

BTR 50% = 27,77 kN/m

BGT 100% = 114,66 kN/m

BGT 50 % = 57,33 kN/m

- Untuk BTR

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 13,5 \text{ m} = (55,54 \text{ kN/m} \cdot 5,5 \text{ m}) \cdot 9,25 \text{ m} + (27,77 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}) \cdot 4 \text{ m}$$

$$V_A = 250,46 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$V_B \cdot 13,5 \text{ m} = (55,54 \text{ kN/m} \cdot 5,5 \text{ m}) \cdot 4,25 \text{ m} + (27,77 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}) \cdot 9,5 \text{ m}$$

$$V_B = 193,89 \text{ kN}$$

- Untuk BGT

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 13,5 \text{ m} = (114,66 \text{ kN/m} \cdot 5,5 \text{ m}) \cdot 9,25 \text{ m} + (57,33 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}) \cdot 4 \text{ m}$$

$$V_A = 517,03 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$V_B \cdot 13,5 \text{ m} = (114,66 \text{ kN/m} \cdot 5,5 \text{ m}) \cdot 4,25 \text{ m} + (57,33 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}) \cdot 9,5 \text{ m}$$

$$V_B = 400,25 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } V_u &= V_{aD1} + V_{a(BTR)} + V_{a(BGT)} \\ &= 343,3 \text{ kN} + 250,46 \text{ kN} + 517,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 1110,8 \text{ kN}$$

Jadi V_u yang digunakan sebesar 1110,8 kN. Maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8) :

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{864}{16} = 54$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 23,43$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{23,43 \times 2 \times 10^5}{410}} = 117,60$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times (100 \times 1,6) \\ &= 3542,40 \text{ kN} \\ &= 3542,40 \text{ kN} \geq 1110,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.3.6. Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- 1/5 bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

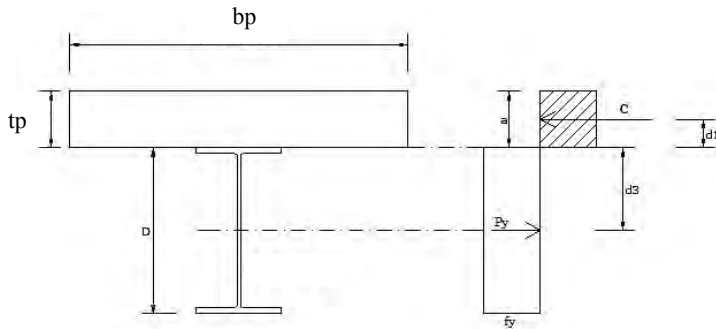
$L = 1350 \text{ mm}$ (panjang bentang)

$\lambda = 6 \text{ m}$ (jarak antar gelagar melintang)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{1350}{5} = 3375 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq \lambda = 6000 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $b_{eff} = 3375 \text{ mm}$



Gambar 5.21 Distribusi Gaya Pada Penampang

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{864}{16} = 54$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Menentukan garis netral :

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 3375 \times 200 = 675000 \text{ mm}^2$$

$$C1 = A_s \times f_y = 51634 \times 410 = 21169940 \text{ N}$$

$$C2 = 0.85 \cdot \bar{f}_c \cdot A_c = 0.85 \cdot 30 \cdot 675000 = 17212500 \text{ N}$$

Sehingga nilai diambil yang terkecil yaitu $C_2 = 17212500 \text{ N}$

$$a = \frac{c}{0,85 \times f' c \times b_{eff}} = \frac{17212500 \text{ N}}{0,85 \times 30 \times 3375} = 200 \text{ mm}$$

karena $a \leq t$ maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 200 - 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$d_2 = 0$ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)

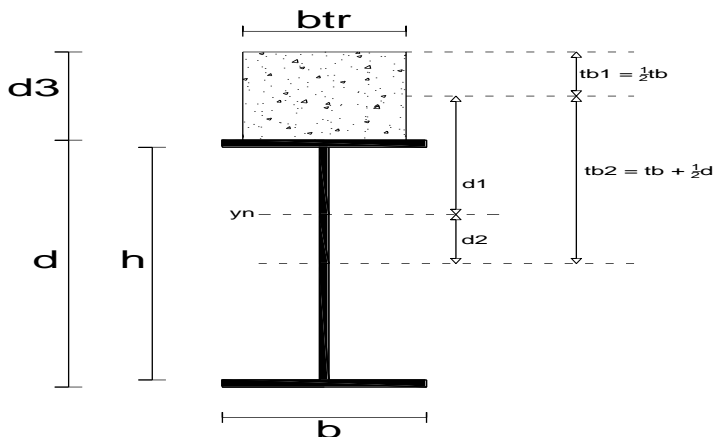
$$d_3 = d/2 = 1000/2 = 500 \text{ cm}$$

$$p_y = A_s \times f_y = 49234 \times 410 = 20185940 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C (d_1 + d_2) + p_y (d_3 - d_2) \\
 &= 17212500\text{N} (100 + 0) + 20185940\text{N} (500 - 0) \\
 &= 11814220000 \text{ Nmm} \\
 &= 11814,22 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &= 0,90 \times 11814,22 \text{ kNm} \\
 &= 10633 \text{ kNm} \\
 &= 10633 \text{ kNm} > M_u = 4304,8 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

Menghitung momen inersia penampang



Gambar 5.22 Gelagar Komposit

- Menentukan nilai n

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25743 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{E_s}{E_c} \\
 &= 7,7
 \end{aligned}$$

- Luas konversi terhadap baja

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$= \frac{337,5}{7,7}$$

$$= 43,4 \text{ cm}$$

- Luas total (Atr)

$$Atr = btr \times d3$$

$$= 43,3 \times 20 = 868,82 \text{ cm}^2$$

- tb1 = $\frac{1}{2} \times d3$

$$= \frac{1}{2} \times 200 = 100 \text{ mm}$$

- tb2 = $d3 + (\frac{1}{2} \times d)$

$$= 200 + (\frac{1}{2} \times 1000) = 700 \text{ mm}$$

- Mencari garis netral

Tabel 5.8 Garis Netral Penampang Komposit

	An	Jarak serat atas ke titik berat benda (tb1, tb2)	An x yn
Beton	86882.49	100	8688249.068
Baja	49234	700	34463800
Jumlah	136116,5	-	43152049,07

Sumber: Analisa Perhitungan

$$- Yn = \frac{\sum An \cdot Yn}{\sum An}$$

$$= \frac{43152049,07}{136116,5} = 317 \text{ mm}$$

$$- d1 = Yn - (\frac{1}{2} \times d3)$$

$$= 317 + (\frac{1}{2} \times 200) = 217,02 \text{ mm}$$

$$- d2 = tb2 - Yn$$

$$= 700 - 317 = 383 \text{ mm}$$

- Momen inersia penampang

Tabel 5.9 Momen Inersia Penampang

	An	d	Io	Io + A d ²
Beton	86882.49	217,02	37500000000	41592074374
Baja	49234	383	8968510000	16189731385

Sumber: Analisa Perhitungan

$$\begin{aligned}
 I_{\text{total}} &= 41592074374 \text{ mm}^4 + 16189731385 \text{ mm}^4 \\
 &= 57781805758 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

5.3.7. Perhitungan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (RSNI T-03-2005 (8.6)) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 600 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tinggi shear connector

Untuk diameter shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik
- 2 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik

Digunakan shear connector jenis paku / stud (ARCFIX *Stud Welding*) dengan data sebagai berikut:

- Diameter = 22 mm
- Tinggi = 125 mm
- Asc = 380,1 mm²
- fc' = 30 MPa
- Ec = 25743 MPa

Kapasitas nominal 1 stud

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0,5 \times \text{Asc} (f_c' \times E_c)^{0,5} \\
 &= 0,5 \times \text{Asc} (f_c' \times E_c)^{0,5} \\
 &= 167030,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ls} &= 0,55 \times 2 \times 167030,2 \text{ N} \\
 &= 183733 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja:

$$V = 1110,8 \text{ kN}$$

Gaya geser persatuan panjang :

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{V \times A_t \times Y_c}{I_t} \\ &= \frac{1110796,5 \times 868,8 \times 21,7}{5778180,6} \\ &= 3624,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_L < \phi V_{ls}$$

$$3624,8 < 0,75 \times 183733$$

$$3624,8 < 137800 \quad \text{OK}$$

Jumlah shear connector :

$$\begin{aligned} V_h &= A_s \times f_y \\ &= 49234 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ MPa} \\ &= 20185940 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{V_h}{Q_n} \\ &= \frac{20185940}{167030,2} \\ &= 121 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi jumlah shear connector yang dibutuhkan sepanjang gelagar melintang adalah $2 \times n = 242$ buah

Jarak antar konektor yang digunakan

$$S = \frac{1350}{121} = 11 \text{ cm}$$



Shear Connectors

Headed Shear Connectors are used as an essential component in composite beam design and construction.

Shank Diameter (d)	Length (L) tolerance	Head Diameter tolerance	Minimum head height HT
19.0 +0.00 -0.38	±1.6	31.7 ± 0.4	9.5
22.2 +0.00 -0.38	±1.6	34.9 ± 0.4	9.5

Material	LOW CARBON STEEL AS1445 S1010 to S1020 Or K1010 to K1020		
Mechanical Properties	Tensile Yield Elongation Reduction of area	410MPa (min) 345MPa (min) 12% 50% (min)	

Shear Connectors

Size	Part Number	Pack Size
13 X 50	ESC11-13-050	250
13 X 75	ESC11-13-075	150
13 X 100	ESC11-13-100	125
16 X 75	ESC11-16-075	125
16 X 100	ESC11-16-100	100
16 X 150	ESC11-16-150	75
19 X 75	ESC11-19-075	100
19 X 95	ESC11-19-095	75
19 X 100	ESC11-19-100	75
19 X 105	ESC11-19-105	75
19 X 115	ESC11-19-115	60
19 X 120	ESC11-19-120	60
19 X 127	ESC11-19-127	60
19 X 150	ESC11-19-150	50
19 X 178	ESC11-19-178	45
19 X 198	ESC11-19-198	40
22 X 100	ESC11-22-100	50
22 X 125	ESC11-22-125	50
22 X 150	ESC11-22-150	40
22 X 178	ESC11-22-178	40
22 X 198	ESC11-22-198	35



FERRULE



Note Ferrules are a component part of studs and not sold separately

Gambar 5.23 Profil *Shear Connector*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA

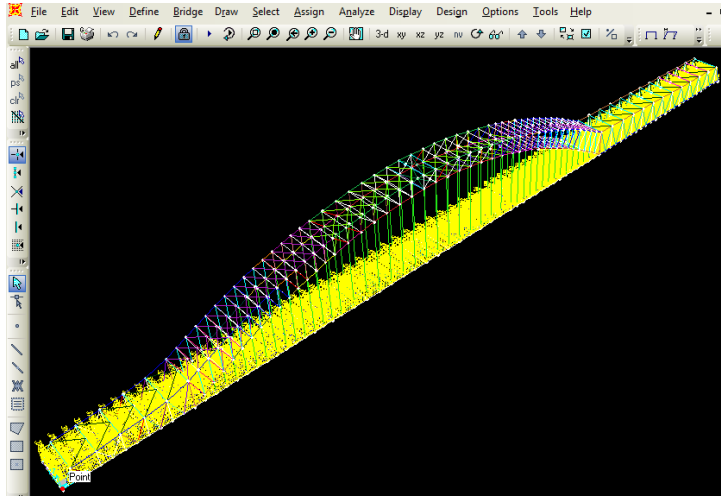
6.1. Umum

- Konstruksi pemikul utama merupakan bagian terakhir dari konstruksi bagian atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan.
- Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola. Menurut buku Ir. H. J. Struyk, Prof. Ir. K. H. C.W. Van Der Veen, dan Soemargono.1990. Jembatan, direncanakan:
 1. $f = 1/6 L$ sampai dengan $1/8 L$
 $f = 1/6 \cdot 210 \text{ m}$ sampai dengan $1/8 \cdot 210 \text{ m}$
 $f = 35 \text{ m}$ sampai dengan 26 m
direncanakan $f = 35 \text{ m}$
 2. $h = 1/25 L$ sampai dengan $1/45 L$
 $h = 1/25 \cdot 210 \text{ m}$ sampai dengan $1/45 \cdot 210 \text{ m}$
 $h = 8 \text{ m}$ sampai dengan $4,7 \text{ m}$
direncanakan $h = 6 \text{ m}$

6.2. Pembebanan

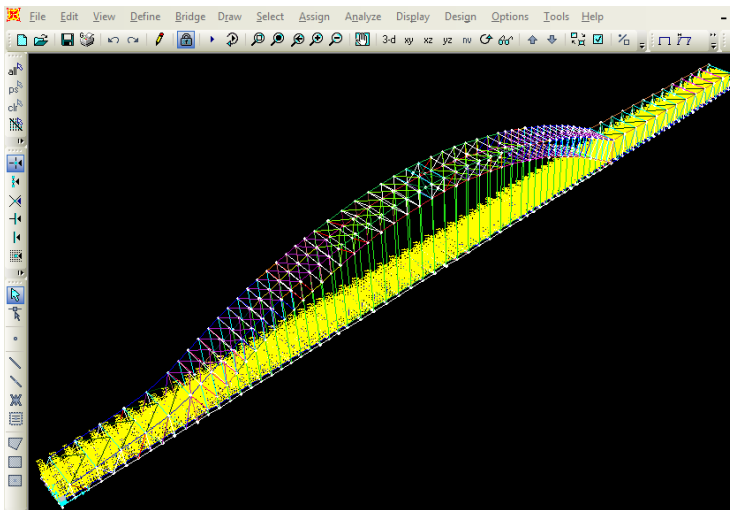
Beban yang di masukkan ke SAP untuk merencanakan konstruksi pemikul utama

1. Beban Mati
 1. Berat profil-profil itu sendiri, (dimodelkan dalam SAP)
 2. Pelat (beton) $= B J_{\text{beton}} \times b l \times t_{\text{pelat}}$
 $= 2500 \text{ Kg/m}^3 \times 1,5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 750 \text{ kg/m}$



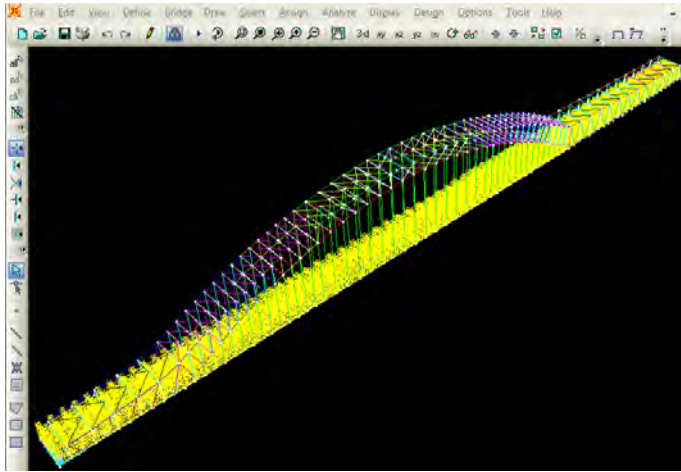
Gambar 6.1 Hasil Input Beban Pelat

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Aspal} &= B J_{\text{aspal}} \times b_1 \times t_{\text{aspal}} \\
 &= 2200 \text{ Kg/m}^3 \times 1,5\text{m} \times 0,07 \text{ m} = 231\text{kg/m}
 \end{aligned}$$



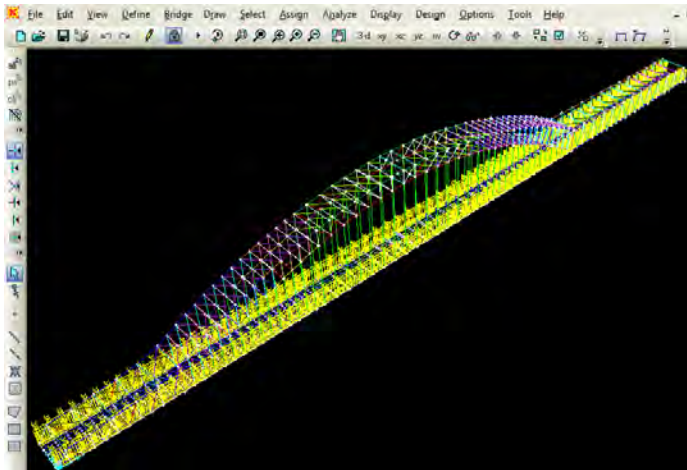
Gambar 6.2 Hasil Input Beban Aspal

4. Hujan $= \gamma_{\text{air}} \times b_1 \times t_{\text{aspal}}$
 $= 980 \text{ Kg/m}^3 \times 1,5\text{m} \times 0,07 \text{ m} = 102.9 \text{ kg/m}$



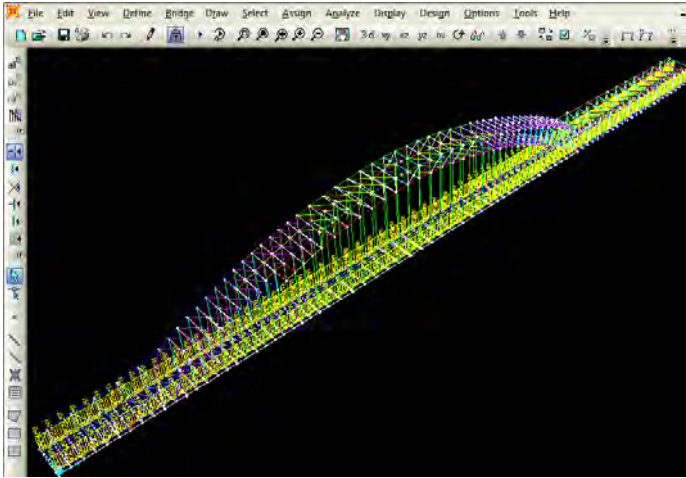
Gambar 6.3 Hasil Input Beban Hujan

5. Pejalan kaki = RSNI T-02-2005 Pasal 6.9
 $= (5\text{kN/m}^2 \times 1,5\text{m}) / 2 = 3,75 \text{ kN/m}$



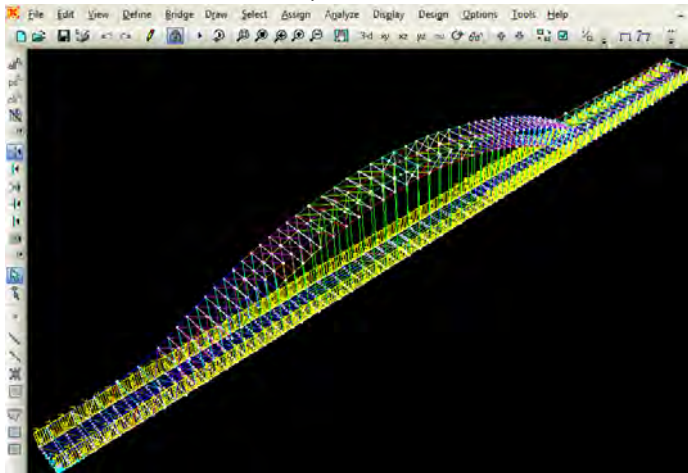
Gambar 6.4 Hasil Input Beban Pejalan Kaki

6. Beban kerb = RSNI T-02-2005 Pasal 12.1
= 15 kN/m



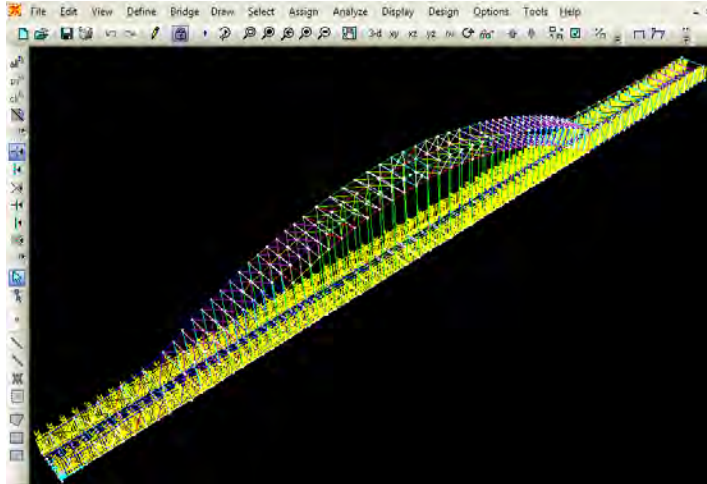
Gambar 6.5 Hasil Input Beban Pejalan Kaki

7. Beban sandaran = RSNI T-02-2005 Pasal 12.5
= 0,75 kN/m



Gambar 6.6 Hasil Input Beban Sandaran

$$\begin{aligned}
 8. \text{ Beban trotoar} &= (B_{\text{beton}} \times b \times t_{\text{trotoar}})/2 \\
 &= (2500 \text{ Kg/m}^3 \times 1,5\text{m} \times 0,2 \text{ m})/2 \\
 &= 375 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.7 Hasil Input Beban Trotoar

2. Beban Hidup

1. Beban truk

Menurut SNI T-02-2005 ps. 6.4.1 tentang besarnya beban truk “T”, beban T ditentukan sebesar 112,5 kN.

Untuk roda tengah dan belakang 112,5 kN= 11250 kg

Untuk roda depan 25 kN= 2500 kg

2. Beban lajur “D”

BTR = Untuk $L > 30 \text{ m}$

$$q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$$

$$q = 9.0 (0.5 + 15/210) \text{ kPa}$$

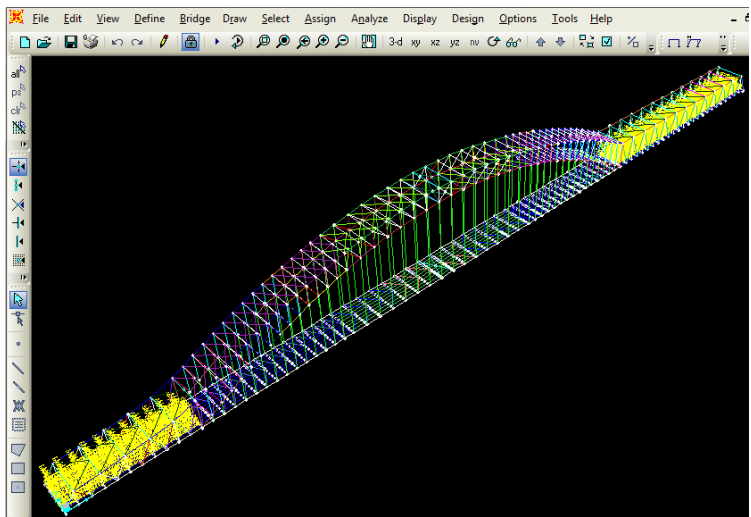
$$q = 5,14 \text{ kPa}$$

$$q = 5,14 \text{ kN/m}^2$$

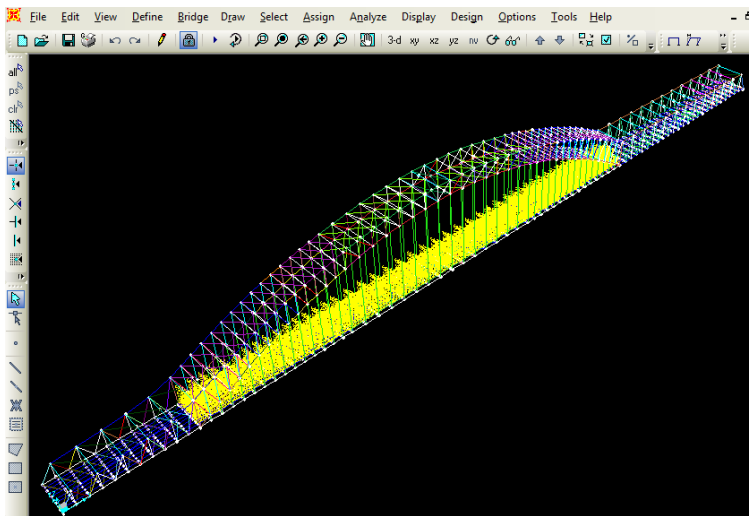
$$\text{BGT} = 49 \text{ kN/m} \times (1 + \text{DLA})$$

$$= 49 \text{ kN/m} \times (1 + 0,3)$$

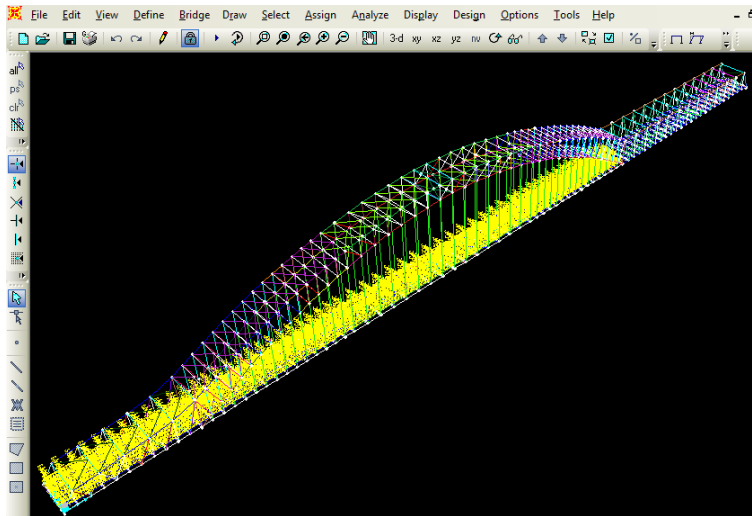
$$= 63,7 \text{ kN/m}$$



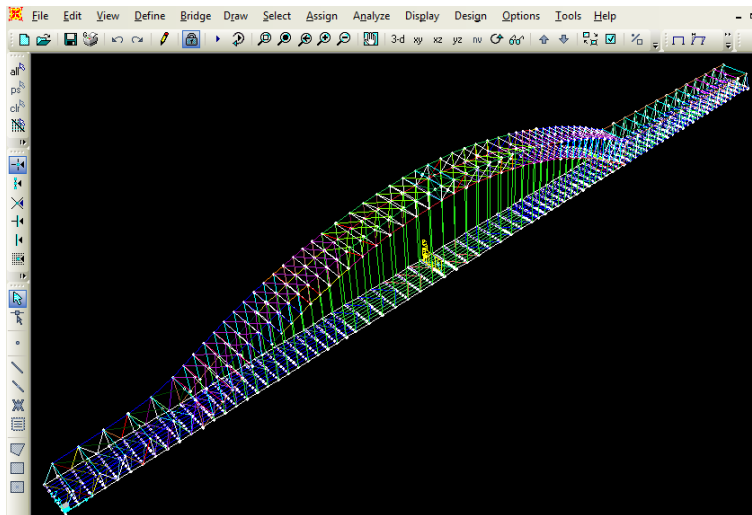
Gambar 6.8 Hasil Input Beban BTR (tipe A)



Gambar 6.9 Hasil Input Beban BTR (tipe B)



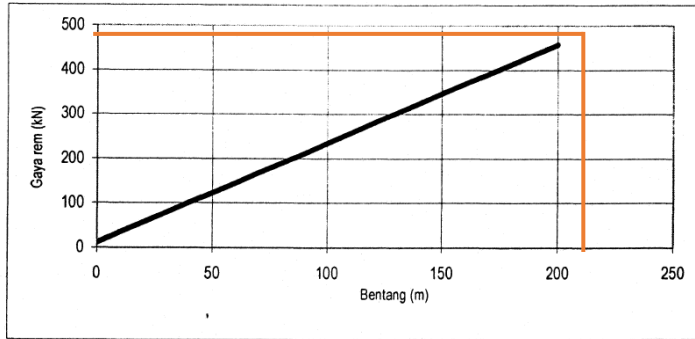
Gambar 6.10 hasil Input Beban BTR (tipe C)



Gambar 6.11 Hasil Input Beban BGT

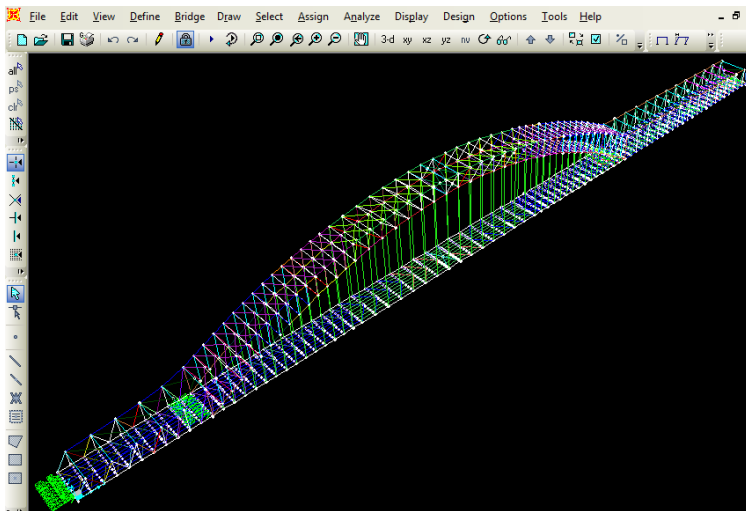
3. Beban rem

$L = 210 \text{ m} \rightarrow 490 \text{ kN} = 49000 \text{ kg}$ (RSNI T-02-2005)



Gambar 6.13 Gaya Rem Per Lajur 2,75 m

Sumber: RSNI T-02-2005 Gambar 9



Gambar 6.12 Hasil Input Beban Rem

4. Beban Angin

Menurut SNI T 02-2005 Pasal 7.6 gaya nominal ultimate pada bangunan atas:

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

Dimana:

C_w = Koefisien seret (SNI T 02-2005 tabel 27)

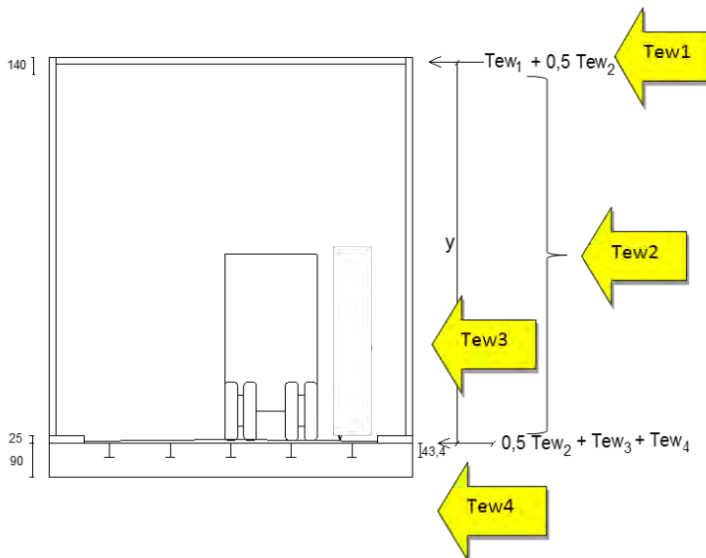
= 1,2 (bangunan atas rangka)

V_w = Kecepatan angin rencana = 35 m/s. (<5 km dari pantai)

A_b = Luas ekuivalen bagian samping jembatan (m^2)

Sedangkan gaya nominal ultimate pada kendaraan sepanjang jembatan (bekerja pada lantai kendaraan) hanya dipikul oleh ikatan angin bawah

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$



Gambar 6.14 Beban Angin Pada konstruksi Busur

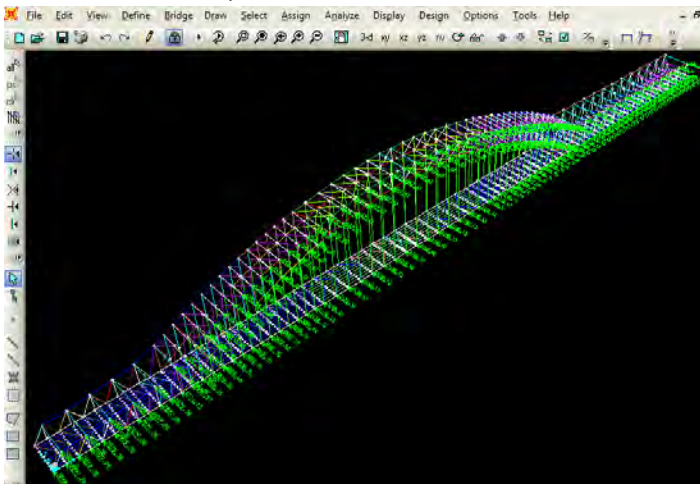
- Beban angin pada konstruksi busur (T_{EW1})

$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 0,0006 \times C_W \times V_W^2 \times Ab \text{ busur} \\
 &= 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times (\Delta Sn \times \text{tinggi busur}) \\
 &= 0,0006 \times 1,2 \times 1225 \times (\Delta Sn \times 0,9 \text{ m}) \\
 &= 0,79 \cdot \Delta Sn \text{ kN}
 \end{aligned}$$
- Beban angin pada penggantung (T_{EW2})

$$\begin{aligned}
 T_{EW2} &= 0,0006 \times C_W \times V_W^2 \times Ab \text{ penggantung} \\
 &= 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times (Yn \times D \text{ penggantung}) \\
 &= 0,0006 \times 1,2 \times 1225 \times (Yn \times 0,0953 \text{ m}) \\
 &= 0,084 \cdot Yn \text{ kN}
 \end{aligned}$$
- Beban hidup kendaraan (T_{EW3})

$$\begin{aligned}
 T_{EW3} &= 0,0012 \times C_W \times V_W^2 \times Ab \text{ kendaraan} \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times 35^2 \times (2,5 \text{ m} \times 6 \text{ m}) \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times 1225 \times (2,5 \text{ m} \times 6 \text{ m}) \\
 &= 26,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$
- Beban hidup kendaraan (T_{EW4})

$$\begin{aligned}
 T_{EW4} &= 0,0006 \times C_W \times V_W^2 \times Ab \text{ lantai kendaraan} \\
 &= 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times (0,8 \text{ m} \times 4 \text{ m}) \\
 &= 0,0006 \times 1,2 \times 1225 \times (0,8 \text{ m} \times 4 \text{ m}) \\
 &= 2,82 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.15 Hasil Input Beban Angin

Tabel 6.1 Beban Angin Pada Busur dan Batang
Penggantung

Titik	Yn	ΔS_n	Tew 1 (kN)	Tew 2 (kN)	P (kN)
1	0.0	2.39	1.90	0.00	1.9
2	2.6	4.75	3.77	0.15	3.9
3	5.1	4.70	3.73	0.29	4.0
4	7.5	4.65	3.69	0.42	4.1
5	9.9	4.59	3.65	0.55	4.2
6	12.1	4.55	3.61	0.68	4.3
7	14.2	4.50	3.57	0.79	4.4
8	16.2	4.45	3.53	0.91	4.4
9	18.1	4.41	3.50	1.01	4.5
10	19.9	4.37	3.47	1.11	4.6
11	21.6	4.33	3.44	1.21	4.6
12	23.2	4.29	3.41	1.30	4.7
13	24.7	4.25	3.38	1.38	4.8
14	26.1	4.22	3.35	1.46	4.8
15	27.4	4.19	3.33	1.53	4.9
16	28.6	5.19	4.12	1.60	5.7
17	30.2	6.18	4.91	1.69	6.6
18	31.5	6.13	4.87	1.77	6.6
19	32.7	6.09	4.83	1.83	6.7
20	33.6	6.05	4.81	1.88	6.7
21	34.3	6.03	4.79	1.92	6.7
22	34.7	6.01	4.77	1.95	6.7
23	35.0	6.00	4.76	1.96	6.7

Sumber: Analisa Perhitungan

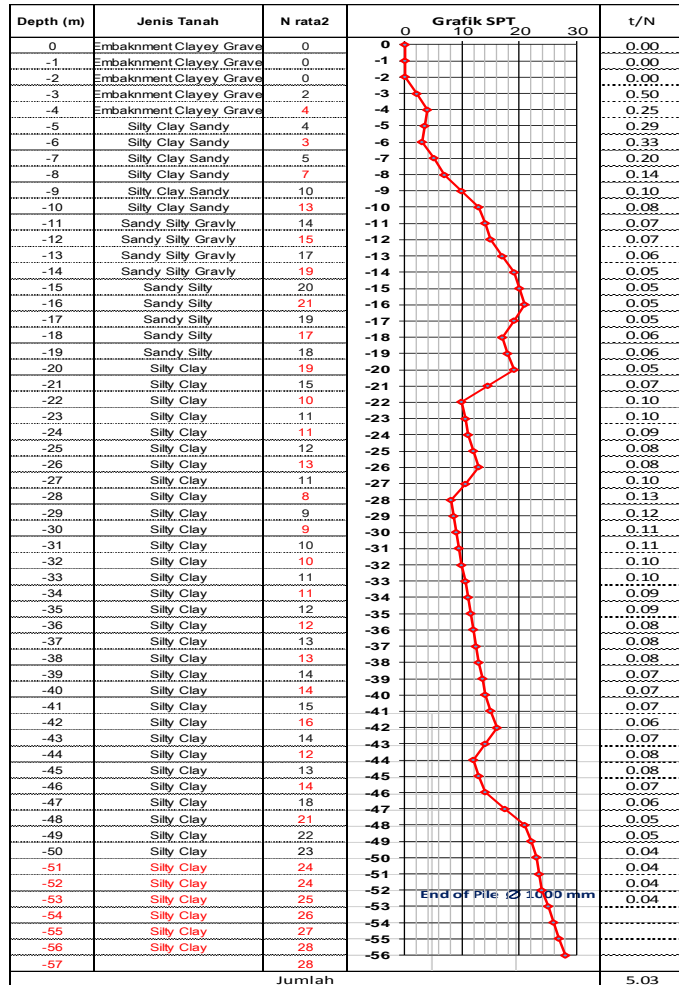
Tabel 6.2 Beban Angin Pada Batang Tarik

Titik	Yn	Tew 2 (kN)	Tew 3 (kN)	Tew 4 (kN)	P (kN)
1	0.0	0.000	26.46	2.82	29.3
2	2.6	0.147	26.46	2.82	29.4
3	5.1	0.287	26.46	2.82	29.6
4	7.5	0.422	26.46	2.82	29.7
5	9.9	0.552	26.46	2.82	29.8
6	12.1	0.676	26.46	2.82	30.0
7	14.2	0.794	26.46	2.82	30.1
8	16.2	0.906	26.46	2.82	30.2
9	18.1	1.013	26.46	2.82	30.3
10	19.9	1.114	26.46	2.82	30.4
11	21.6	1.209	26.46	2.82	30.5
12	23.2	1.299	26.46	2.82	30.6
13	24.7	1.383	26.46	2.82	30.7
14	26.1	1.461	26.46	2.82	30.7
15	27.4	1.533	26.46	2.82	30.8
16	28.6	1.600	26.46	2.82	30.9
17	30.2	1.690	26.46	2.82	31.0
18	31.5	1.767	26.46	2.82	31.0
19	32.7	1.831	26.46	2.82	31.1
20	33.6	1.882	26.46	2.82	31.2
21	34.3	1.920	26.46	2.82	31.2
22	34.7	1.946	26.46	2.82	31.2
23	35.0	1.959	26.46	2.82	31.2

Sumber: Analisa Perhitungan

5. Beban Gempa

Untuk struktur jembatan ini beban gempa direncanakan dengan RSNI 2833:201X, dengan metode respon spektrum

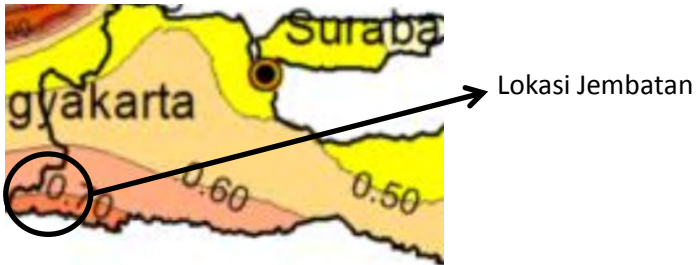


Gambar 6.16 Data Tanah Untuk Menentukan Jenis Tanah

Penentuan BGTas situs

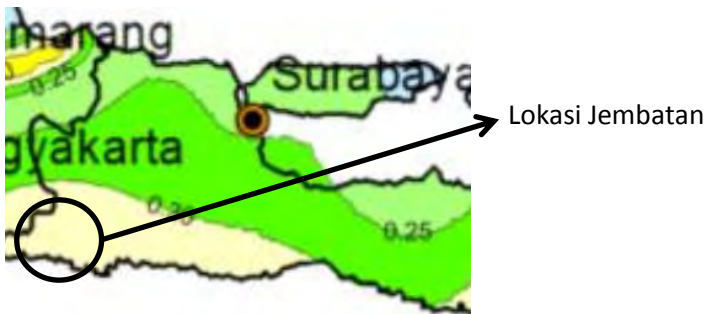
$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\sum t_i}{\sum t/n} \\
 &= \frac{53}{5,03} \\
 &= 10,5
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah : Tanah lunak



Gambar 6.17 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek (Ss)

Percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss): 0,75 g



Gambar 6.18 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode 1 detik (S1)

percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) : 0,35 g
 Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran
 perioda pendek (F_a) : 1,1

Tabel 6.3 Koefisien Situs, F_a

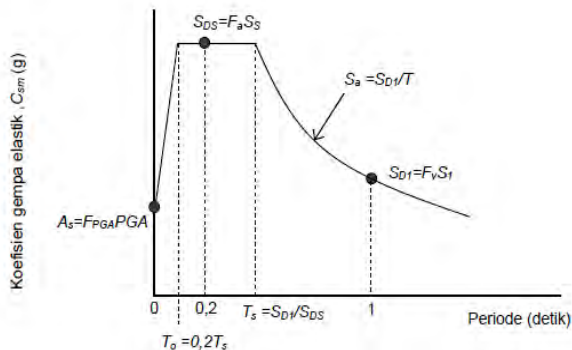
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^a				

Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v) : 2,6

Tabel 6.4 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^a				

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &: F_v \times S_1 &: 2,6 \times 0,35 &= 0,91 \\
 S_{DS} &: F_a \times S_s &: 1,1 \times 0,75 &= 0,825 \\
 T_s &: S_{D1}/S_{DS} &: 0,91/0,825 &= 1,1 \\
 T_0 &: 0,2 \times T_s &: 0,2 \times 1,1 &= 0,22
 \end{aligned}$$



Gambar 6.19 Bentuk Tipikal Respon Spektrum

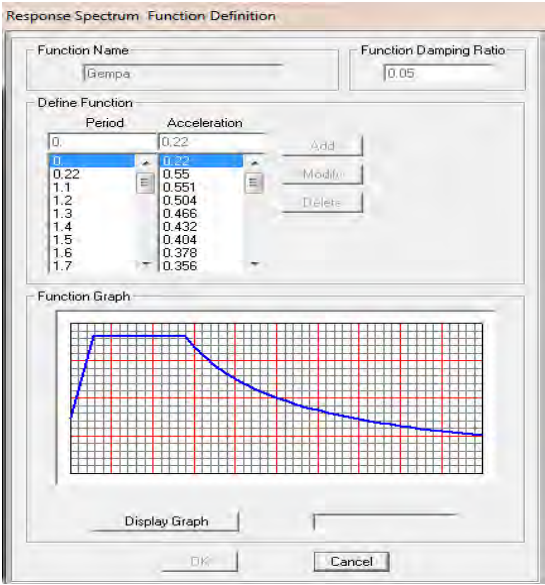
Tabel 6.5 Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0.220
T_0	0.22	0.550
T_s	1.10	0.550
$T_s + 0.1$	1.20	0.504
$T_s + 0.2$	1.30	0.466
$T_s + 0.3$	1.40	0.432
$T_s + 0.4$	1.50	0.404
$T_s + 0.5$	1.60	0.378
$T_s + 0.6$	1.70	0.356
$T_s + 0.7$	1.80	0.336
$T_s + 0.8$	1.90	0.319
$T_s + 0.9$	2.00	0.303
$T_s + 1.0$	2.10	0.288
$T_s + 1.1$	2.20	0.275
$T_s + 1.2$	2.30	0.263
$T_s + 1.3$	2.40	0.252
$T_s + 1.4$	2.50	0.242
$T_s + 1.5$	2.60	0.233
$T_s + 1.6$	2.70	0.224
$T_s + 1.7$	2.80	0.216
$T_s + 1.8$	2.90	0.209
$T_s + 1.9$	3.00	0.202
$T_s + 2.0$	3.10	0.196
$T_s + 2.1$	3.20	0.189
$T_s + 2.2$	3.30	0.184
$T_s + 2.3$	3.40	0.178
$T_s + 2.4$	3.50	0.173
$T_s + 2.5$	3.60	0.168
$T_s + 2.6$	3.70	0.164
$T_s + 2.7$	3.80	0.160
$T_s + 2.8$	3.90	0.155
4	4	0.152

Sumber: Analisa Perhitungan



Gambar 6.20 Grafik Respon Spektrum 7% 75 tahun



Gambar 6.21 Input Grafik Respon Spektrum Pada Sap

Koefisien R pada gempa jembatan
RSNI Gempa Jembatan 2833:2013 pada tabel 6 , Faktor
modifikasi respon (R) = 1,5

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: QX Set Def Name Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- ☒ CQC
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

GMC f1: 1.0
GMC f2: 0.0
Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ CQC3
- ☐ Absolute

Scale Factor: 1.0

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Gempa	6.5333
Accel	U1	Gempa	9.8/R

Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 6.22 Input Faktor Modifikasi Respon Pada Sap

6.3. Kombinasi Pembebanan

Tabel 6.6 Kombiasi Pembebanan

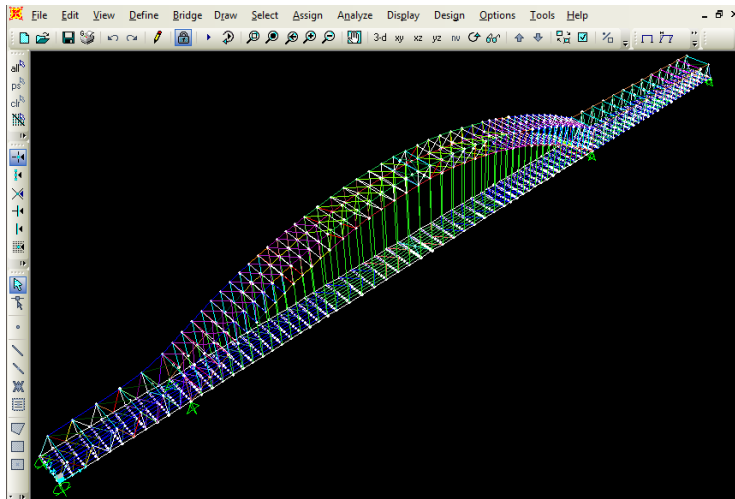
Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen :												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut rangk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pratekan												
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien :												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o	o		X	o		o
Beban angin			o	o	X	o	o		o	X		o
Aksi Khusus :												
Gempa											X	
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
<p>"X" berarti beban yang selalu aktif "o" berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.</p> <p>(1) * aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL = 1 beban "o" KBL (2) * aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL = 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) * aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL = 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL</p> <p>Aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL = 1 beban "o" KBL</p>												

Sumber: RSNI T-02-2005 Tabel 40

Dimana : Berat sendiri (MS)
Beban mati tambahan (MA)
Beban lajur "D" (TD)
Gaya rem (TB)
Beban pejalan kaki (TP)
Temperatur (ET)
Baban angin (EW)
Beban Gempa (EQ)

Kombinasi: 1). 1,1MS+1,3MA+1,8TD+1,8TB +1ET+1EW
2). 1,1MS+1,3MA+1TD+1TB+1,8TP+1ET
3). 1,1MS+1,3MA+1TD+1TB+1ET+1,3 EW
4). 1,1MS+1,3MA+1TD+1QX+0,3QY
5). 1,1MS+1,3MA+1TD+0,3QX+1QY

6.4. Pemodelan Struktur



Gambar 6.23 Pemodelan Struktur Jembatan Busur

6.5. Batang Penggantung

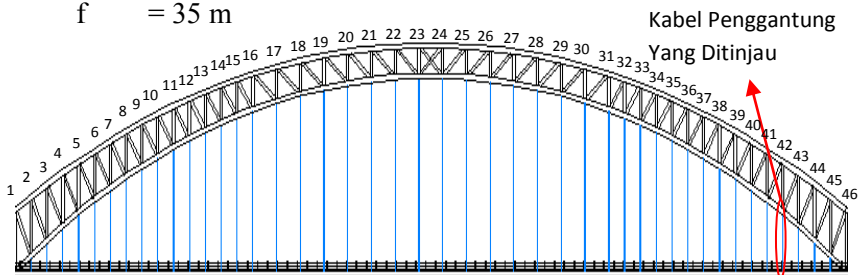
Panjang dari batang penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur

Persamaan parabola:

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

$$L = 210 \text{ m}$$

$$f = 35 \text{ m}$$



Gambar 6.24 Kabel Penggantung Yang Ditinjau

Tabel 6.7 Panjang Penggantung

AS	X	Yn	24	108	35.0
1	0	0.0	25	114	34.7
2	4	2.6	26	120	34.3
3	8	5.1	27	126	33.6
4	12	7.5	28	132	32.7
5	16	9.9	29	138	31.5
6	20	12.1	30	144	30.2
7	24	14.2	31	150	28.6
8	28	16.2	32	154	27.4
9	32	18.1	33	158	26.1
10	36	19.9	34	162	24.7
11	40	21.6	35	166	23.2
12	44	23.2	36	170	21.6
13	48	24.7	37	174	19.9
14	52	26.1	38	178	18.1
15	56	27.4	39	182	16.2
16	60	28.6	40	186	14.2
17	66	30.2	41	190	12.1
18	72	31.5	42	194	9.9
19	78	32.7	43	198	7.5
20	84	33.6	44	202	5.1
21	90	34.3	45	206	2.6
22	96	34.7	46	210	0.0
23	102	35.0			

Sumber: Analisa Perhitungan

6.5.1. Kontrol Batang Penggantung

Hasil Output Sap

Tabel 6.8 Gaya Yang Terjadi Pada Batang Penggantung

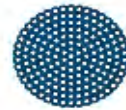
As	Frame	P (kN)	Yn (m)	Kontrol σ (kN/cm ²)		Kontrol Δ
				σ terjadi	σ ijin	
2	405	1644.9	2.6	30.21	98.13	OK
3	713	2203.19	5.1	40.46	98.13	OK
4	714	3017.19	7.5	55.41	98.13	OK
5	410	4561.22	9.9	83.77	98.13	OK
6	475	3343.68	12.1	61.41	98.13	OK
7	717	2668.86	14.2	49.01	98.13	OK
8	672	2254.59	16.2	41.41	98.13	OK
9	673	1981.42	18.1	36.39	98.13	OK
10	720	1801.28	19.9	33.08	98.13	OK
11	721	1716.74	21.6	31.53	98.13	OK
12	722	1653.61	23.2	30.37	98.13	OK
13	723	1605.3	24.7	29.48	98.13	OK
14	724	1567.57	26.1	28.79	98.13	OK
15	725	1537.63	27.4	28.24	98.13	OK
16	740	1666.83	28.6	30.61	98.13	OK
17	741	1792.42	30.2	32.92	98.13	OK
18	742	1773.02	31.5	32.56	98.13	OK
19	743	1757.17	32.7	32.27	98.13	OK
20	744	1744.94	33.6	32.05	98.13	OK
21	745	1735.69	34.3	31.88	98.13	OK
22	688	1731.47	34.7	31.80	98.13	OK
23	747	1732.36	35.0	31.82	98.13	OK
24	690	1732.39	35.0	31.82	98.13	OK
25	749	1731.56	34.7	31.80	98.13	OK
26	750	1737.31	34.3	31.91	98.13	OK
27	751	1746.62	33.6	32.08	98.13	OK
28	770	1757.46	32.7	32.28	98.13	OK
29	753	1773.39	31.5	32.57	98.13	OK
30	754	1792.88	30.2	32.93	98.13	OK
31	755	1666.86	28.6	30.61	98.13	OK
32	756	1537.2	27.4	28.23	98.13	OK
33	757	1567.25	26.1	28.78	98.13	OK
34	758	1606.37	24.7	29.50	98.13	OK
35	759	1656.09	23.2	30.41	98.13	OK

36	760	1719.41	21.6	31.58	98.13	OK
37	761	1804.21	19.9	33.14	98.13	OK
38	762	1983.06	18.1	36.42	98.13	OK
39	763	2256.29	16.2	41.44	98.13	OK
40	764	2669.81	14.2	49.03	98.13	OK
41	765	3343.94	12.1	61.41	98.13	OK
42	766	4561.24	9.9	83.77	98.13	OK
43	767	3018.26	7.5	55.43	98.13	OK
44	768	2668.39	5.1	49.01	98.13	OK
45	711	2945.45	2.6	54.09	98.13	OK

Sumber: Analisa Perhitungan

BRIDON

High-quality steel wire ropes for surface mining applications



Galvanized Structural Strand

Strand Diameter		Approx. Metallic Area		Weight Approx.		Minimum Breaking Force	
in	mm	sq. in.	sq. mm	lbs/ft	kg/m	tons (2000 lbs)	metric tons
1/2	12.7	0.15	97	0.52	0.80	15	14
5/8	15.9	0.23	146	0.82	1.20	24	22
3/4	19.1	0.34	219	1.18	1.80	34	31
7/8	22.2	0.46	297	1.61	2.40	46	42
1	25.4	0.60	387	2.10	3.10	61	55
1-1/8	28.6	0.76	490	2.66	4.00	78	71
1-1/4	31.8	0.94	606	3.28	4.90	96	87
1-3/8	34.9	1.13	729	3.97	5.90	116	105
1-1/2	38.1	1.35	871	4.73	7.00	138	125
1-5/8	41.3	1.59	1026	5.55	8.30	162	147
1-3/4	44.5	1.84	1187	6.43	9.60	188	171
1-7/8	47.6	2.11	1361	7.39	11.00	216	196
2	50.8	2.40	1548	8.40	12.50	245	222
2-1/8	54.0	2.71	1748	9.49	14.10	277	251
2-1/4	57.2	3.04	1961	10.64	15.80	310	281
2-3/8	60.3	3.38	2181	11.85	17.60	344	312
2-1/2	63.5	3.75	2419	13.13	19.50	376	341
2-5/8	66.7	4.13	2665	14.47	21.50	417	378
2-3/4	69.9	4.54	2929	15.86	23.60	452	410
2-7/8	73.0	4.96	3200	17.36	25.80	494	448
3	76.2	5.40	3484	18.90	28.10	538	488
3-1/8	79.4	5.86	3781	20.51	30.50	584	530
3-3/4	85.6	6.34	4090	22.18	33.00	625	567
3-5/8	88.7	6.83	4405	23.92	35.60	673	611
3-1/2	91.9	7.35	4742	25.73	38.30	724	657
3-5/8	95.1	7.88	5084	27.60	41.10	768	697
3-3/4	95.3	8.44	5445	29.53	43.90	822	746
3-7/8	98.4	9.01	5813	31.53	46.90	878	797
4	101.6	9.60	6194	33.60	50.00	925	839
4-1/4	108.0	10.80	6968	37.90	56.40	1040	943
4-3/8	111.1	11.50	7419	40.20	59.80	1100	998
4-1/2	114.3	11.80	7613	41.30	61.50	1140	1034
4-3/4	120.7	13.00	8367	46.50	67.70	1300	1179

Gambar 6.25 Profil Kabel

Profil kabel yang dipakai Bridon ASTM A-586

Dari hasil output sap didapatkan gaya maksimum yang terjadi pada kabel sebesar 4561,24 kN

Profil Kabel : D = 95,3 mm
 A = 54,45 cm²
 Teg. Ijin = 8220 kN
 E = 168000 Mpa
 Hanging Cable Strees = 65%

Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma &= P/A \leq \text{Teg. Ijin}/A \\ &= \frac{4561,24 \text{ kN}}{54,45 \text{ cm}^2} \leq \frac{8220 \text{ kN} \times 65\%}{54,45 \text{ cm}^2} \\ &= 83,77 \text{ kN/cm}^2 \leq 98,13 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

6.6. Konstruksi Busur

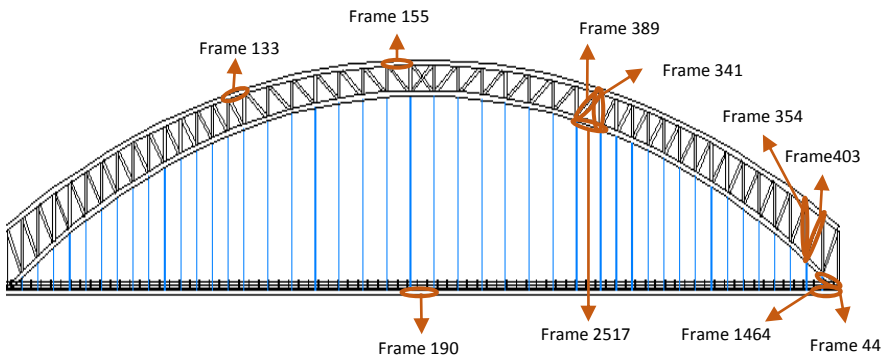
Persamaan Parabola

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L-X)}{L^2}$$

$$L = 210 \text{ m}$$

$$f = 35 \text{ m}$$

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$



Gambar 6.26 Konstruksi Pemikul Utama

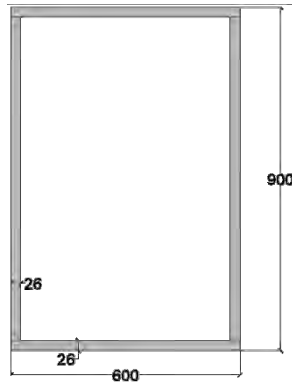
Tabel 6.9 Persamaan Parabola Busur

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
1		0	0.0	
	1-2			4.78
2		4	2.6	
	2-3			4.72
3		8	5.1	
	3-4			4.67
4		12	7.5	
	4-5			4.62
5		16	9.9	
	5-6			4.57
6		20	12.1	
	6-7			4.52
7		24	14.2	
	7-8			4.47
8		28	16.2	
	8-9			4.43
9		32	18.1	
	9-10			4.39
10		36	19.9	
	10-11			4.35
11		40	21.6	
	11-12			4.31
12		44	23.2	
	12-13			4.27
13		48	24.7	
	13-14			4.24
14		52	26.1	
	14-15			4.20
15		56	27.4	
	15-16			4.17
16		60	28.6	
	16-17			6.21
17		66	30.2	
	17-18			6.15
18		72	31.5	
	18-19			6.11
19		78	32.7	
	19-20			6.07
20		84	33.6	
	20-21			6.04
21		90	34.3	
	21-22			6.02
22		96	34.7	
	22-23			6.00
23		102	35.0	
	23-24			6.00
24		108	35.0	
	24-25			6.00
25		114	34.7	
	25-26			6.02
26		120	34.3	
	26-27			6.04
27		126	33.6	
	27-28			6.07
28		132	32.7	
	28-29			6.11
29		138	31.5	
	29-30			6.15
30		144	30.2	
	30-31			6.21
31		150	28.6	
	31-32			4.17
32		154	27.4	
	32-33			4.20
33		158	26.1	
	33-34			4.24
34		162	24.7	
	34-35			4.27
35		166	23.2	
	35-36			4.31
36		170	21.6	
	36-37			4.35
37		174	19.9	
	37-38			4.39
38		178	18.1	
	38-39			4.43
39		182	16.2	
	39-40			4.47
40		186	14.2	
	40-41			4.52
41		190	12.1	
	41-42			4.57
42		194	9.9	
	42-43			4.62
43		198	7.5	
	43-44			4.67
44		202	5.1	
	44-45			4.72
45		206	2.6	
	45-46			4.78
46		210	0.0	

Sumber: Analisa Perhitungan

6.6.1. Rangka Pada Jembatan Busur Bentang 210 m

1. Rangka Busur Tengah Batang Atas (Tekan)



Gambar 6.27 Penampang Box Busur Tengah Batang Atas

Digunakan profil box 900 x 600 x 26 x 26

$h = 900$	mm	$I_x = 860245,8$	cm ⁴
$b = 600$	mm	$I_y = 457062,7$	cm ⁴
$W = 591,07$	kg/m	$i_x = 33,8$	cm
$t_b = 26$	mm	$i_y = 24,63$	cm
$t_f = 26$	mm	$S_x = 19116,57$	cm ³
$A = 75296$	mm ²	$S_y = 15235,42$	cm ³
$J = 921483$	cm ⁴	$Z_x = 22982,75$	cm ³
$Z_y = 17335,6$	cm ³		

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa

$F_y = 345$ MPa

$E = 200000$ MPa



$P = 18074,9\text{kN}$ (Tekan) Frame 155

Panjang tekuk:

$L = 6000$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 6000 = 6000$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{6000}{338} = 17,7 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6000}{246,3} = 24,4 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{24,4}{\pi} \times \sqrt{\frac{345}{2 \times 10^5}} = 0,3$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,3^2}) \cdot 75296 \cdot 345 = 24881357,7 \text{ N}$$

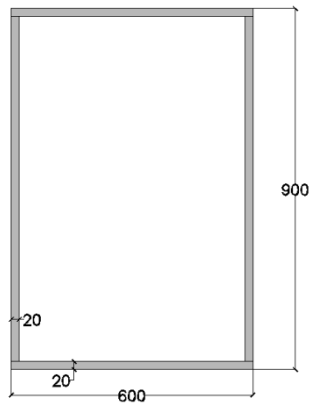
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1807493,6 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 2488135,8$$

$$1807493,6 \text{ kg} \leq 2114915,4 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

2. Rangka Busur Tengah Batang Bawah (Tekan)



Gambar 6.28 Penampang Box Busur Tengah Batang Bawah

Digunakan profil box 900 x 600 x 20 x 20

$$h = 900 \text{ mm} \quad I_x = 676739 \text{ cm}^4$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad I_y = 361419 \text{ cm}^4$$

$$W = 458,4 \text{ kg/m} \quad i_x = 34,04 \text{ cm}$$

$$t_b = 20 \text{ mm} \quad i_y = 24,87 \text{ cm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm} \quad S_x = 15038,63 \text{ cm}^3$$

$$A = 58400 \text{ mm}^2 \quad S_y = 12047,28 \text{ cm}^3$$

$$J = 724291 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 17956 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 13576 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ EN 10025 : } f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 345 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$



$$P = 18074,9 \text{ kN (Tekan) Frame 2517}$$

Panjang tekuk:

$$L = 6209 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 6209 = 6209 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{6209}{340,4} = 18,2 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6209}{248,7} = 24,9 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{24,9}{\pi} \times \sqrt{\frac{345}{2 \times 10^5}} = 0,3$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,3^2}) \cdot 58400 \cdot 345 = 19256322,1 \text{ N}$$

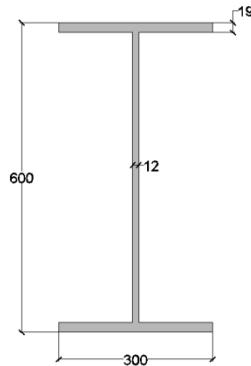
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1488354,3 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 1925632,2$$

$$1488354,3 \text{ kg} \leq 1636787,4 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

3. Rangka Busur Tengah Batang Tegak (Tekan)



Gambar 6.29 Penampang WF Busur Tengah Batang Tegak

Digunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 19

$$h = 600 \text{ mm} \quad I_x = 113989 \text{ cm}^4$$

$$b = 300 \text{ mm} \quad I_y = 8558 \text{ cm}^4$$

$$W = 143,5 \text{ kg/m} \quad i_x = 25 \text{ cm}$$

$$t_b = 12 \text{ mm} \quad i_y = 6,84 \text{ cm}$$

$$t_f = 19 \text{ mm} \quad S_x = 3799 \text{ cm}^3$$

$$A = 183,85 \text{ cm}^2 \quad S_y = 570 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 875 \text{ cm}^3 \quad Z_x = 4259 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ 55} : f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$



$P = 1902,03 \text{ kN}$ (Tekan) Frame 341

Panjang tekuk:

$$L = 7000 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7000 = 7000 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{7000}{250} = 28 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{7000}{68,4} = 102,3 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{102,3}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,4$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{1,4^2}) \cdot 18385 \cdot 410 = 3052701,9 \text{ N}$$

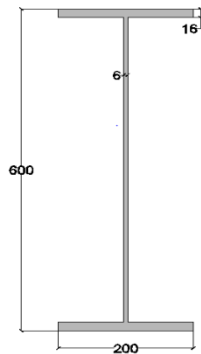
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$190203,3 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 305270,2$$

$$190203,3 \text{ kg} \leq 259479,7 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

4. Rangka Busur Tengah Batang Miring (Tarik)



Gambar 6.30 Penampang WF Busur Tengah Batang Miring

Digunakan profil WF 600 x 200 x 6 x 16

h = 600	mm	I _x = 63745,13	cm ⁴
b = 200	mm	I _y = 2134,35	cm ⁴
W = 77,4	kg/m	i _x = 25,4	cm
t _b = 6	mm	i _y = 4,65	cm
t _f = 16	mm	S _x = 2125	cm ³
A = 98,68	cm ²	S _y = 213,4	cm ³
Z _y = 325	cm ³	Z _x = 2353	cm ³
BJ 55	:	f _u = 550	MPa
		F _y = 410	MPa
		E = 200000	MPa



P = 2759,43kN (Tarik) Frame 389

Panjang tekuk:

$$L = 8072 \text{ mm}$$

kc = 1, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = kc \times L = 1 \times 8072 = 8072 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tarik (RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{8072}{254} = 31,8 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{8072}{46,5} = 173,6 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 98,68 \\ &= 364129 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\text{Asumsi } D \text{ baut} = 24 \text{ mm}$$

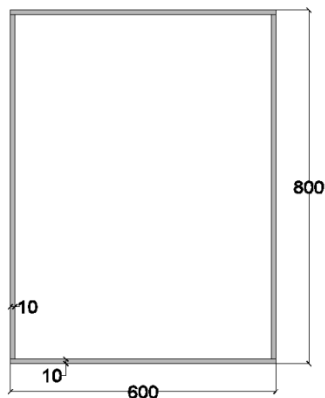
$$D \text{ lubang} = 26 \text{ mm}$$

$$U = 1$$

$$A_n = A_g - (n \times D \times t_f)$$

$$\begin{aligned}
 &= 9868 - (2 \times 26 \times 16) \\
 &= 9036 \text{ mm}^2 \\
 A_e &= U \times A_n \\
 &= 1 \times 9036 \text{ mm}^2 \\
 &= 9036 \text{ mm}^2 \\
 \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\
 &= 0,75 \times 550 \times 9036 \text{ mm}^2 \\
 &= 372735 \text{ kg} \\
 \phi N_n &= 364129 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\
 364129 \text{ kg} &> 275942,9 \text{ kg OK}
 \end{aligned}$$

5. Rangka Busur Tengah Batang Tarik (Tekan)



Gambar 6.31 Penampang Box Busur Tengah Batang Tarik

Digunakan profil box 800 x 600 x 10 x 10

$h = 800$	mm	$I_x = 266332$	cm^4
$b = 600$	mm	$I_y = 171772$	cm^4
$W = 216$	kg/m	$i_x = 31,06$	cm
$t_b = 10$	mm	$i_y = 24,94$	cm
$t_f = 10$	mm	$S_x = 6658,3$	cm^3
$A = 27600$	mm^2	$S_y = 5725,73$	cm^3
$J = 317345$	cm^4	$Z_x = 7782$	cm^3
$Z_y = 6402$	cm^3		

BJ EN 10025 : $f_u = 550 \text{ MPa}$
 $F_y = 355 \text{ MPa}$
 $E = 200000 \text{ MPa}$



$P = 1126,89 \text{ kN}$ (Tekan) Frame 1908

Panjang tekuk:

$$L = 6000 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 6000 = 6000 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{6000}{310,6} = 19,32 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6000}{249,4} = 24,05 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{24,05}{\pi} \times \sqrt{\frac{355}{2 \times 10^5}} = 0,3$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,3^2}) \cdot 27600 \cdot 355 = 9383261,02 \text{ N}$$

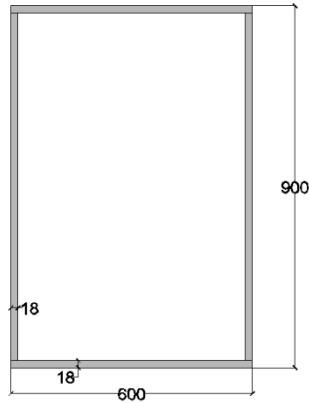
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$112689,7 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 938326,1$$

$$112689,7 \text{ kg} \leq 797577,2 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

6. Rangka Busur Tepi Batang Atas (Tekan)



Gambar 6.32 Penampang Box Busur Tepi Batang Atas

Digunakan profil box 900 x 600 x 18 x 18

$$h = 900 \text{ mm} \quad I_x = 613629 \text{ cm}^4$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad I_y = 328275,8 \text{ cm}^4$$

$$W = 413,7 \text{ kg/m} \quad i_x = 34,12 \text{ cm}$$

$$t_b = 18 \text{ mm} \quad i_y = 24,95 \text{ cm}$$

$$t_f = 18 \text{ mm} \quad S_x = 13636,2 \text{ cm}^3$$

$$A = 52704 \text{ mm}^2 \quad S_y = 10942,52 \text{ cm}^3$$

$$J = 656579 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 16244,06 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 12291 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ EN 10025 : } f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 345 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$



$$P = 13434,62 \text{ kN (Tekan) Frame 133}$$

Panjang tekuk:

$$L = 4111 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4111 = 4111 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan

(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4111}{341,2} = 12,04 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4111}{249,5} = 16,47 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{16,47}{\pi} \times \sqrt{\frac{345}{2 \times 10^5}} = 0,2$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,2^2}) \cdot 52704 \cdot 345 = 17827887,9 \text{ N}$$

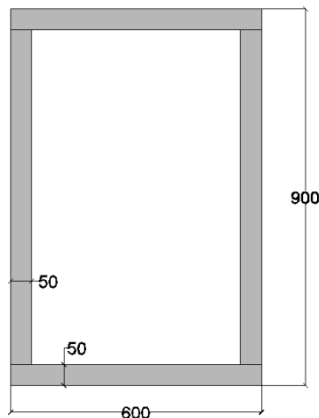
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1343461,6 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 1782788,7$$

$$1343461,6 \text{ kg} \leq 1515370,5 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

7. Rangka Busur Tepi Batang Bawah (Tekan)



Gambar 6.33 Penampang Box Busur Tepi Batang Bawah

Digunakan profil box 900 x 600 x 50 x 50

$$h = 900 \text{ mm} \quad I_x = 1511667 \text{ cm}^4$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad I_y = 786667 \text{ cm}^4$$

$$W = 1099 \text{ kg/m} \quad i_x = 32,85 \text{ cm}$$

$$t_b = 50 \text{ mm} \quad i_y = 23,7 \text{ cm}$$

$$t_f = 50 \text{ mm} \quad S_x = 33592,59 \text{ cm}^3$$

$$A = 140000 \text{ mm}^2 \quad S_y = 26222,2 \text{ cm}^3$$

$$J = 1536373 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 41500 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 31000 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ EN 10025 : } f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 335 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$



$$P = 35489,3 \text{ kN (Tekan) Frame 44}$$

Panjang tekuk:

$$L = 6209 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 6209 = 6209 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{6209}{328,5} = 18,9 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6209}{237} = 26,2 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{26,2}{\pi} \times \sqrt{\frac{335}{2 \times 10^5}} = 0,3$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

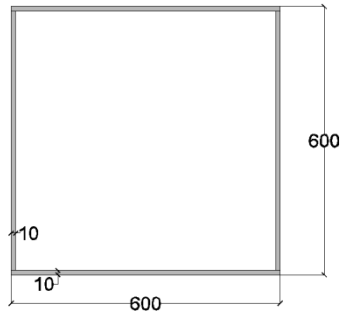
- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,3^2}) \cdot 140000 \cdot 335 = 44684080 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

N_u	\leq	$\phi \cdot N_n$	
3548930,2 kg	\leq	0,85 . 4468408	
3548930,2 kg	\leq	3798146,8 kg	OK

8. Rangka Busur Tepi Batang Tegak (Tekan)



Gambar 6.34 Penampang Box Busur Tepi Batang Tegak

Digunakan profil box 600 x 600 x 10 x 10

$h = 600$	mm	$I_x = 136958,7$	cm ⁴
$b = 600$	mm	$I_y = 136958,7$	cm ⁴
$W = 185,26$	kg/m	$i_x = 24,09$	cm
$t_b = 10$	mm	$i_y = 24,09$	cm
$t_f = 10$	mm	$S_x = 4565,3$	cm ³
$A = 23600$	mm ²	$S_y = 4565,3$	cm ³
$J = 207269$	cm ⁴	$Z_x = 5222$	cm ³
$Z_y = 5222$	cm ³		

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 355$ MPa
 $E = 200000$ MPa



$P = 3464,33$ kN (Tekan) Frame 354
 Panjang tekuk:
 $L = 11050$ mm

$kc = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = kc \times L = 1 \times 11050 = 11050 \text{ mm}$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{11050}{240,9} = 45,86 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{11050}{240,9} = 45,86 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{45,86}{\pi} \times \sqrt{\frac{355}{2 \times 10^5}} = 0,6$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,6^2}) \cdot 23600 \cdot 355 = 7159060,4 \text{ N}$$

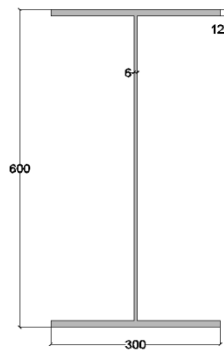
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$346432,8 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 715906$$

$$346432,8 \text{ kg} \leq 608520,1 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

9. Rangka Busur Tepi Batang Miring (Tarik)



Gambar 6.35 Penampang WF Busur Tepi Batang Miring

Digunakan profil WF 600 x 300 x 6 x 12

h = 600	mm	I _x = 71797,7	cm ⁴
b = 300	mm	I _y = 5401,04	cm ⁴
W = 84	kg/m	i _x = 25,9	cm
t _b = 6	mm	i _y = 7,1	cm
t _f = 12	mm	S _x = 2393,3	cm ³
A = 107,06	cm ²	S _y = 360	cm ³
Z _y = 545	cm ³	Z _x = 2614	cm ³
BJ 55	:	f _u = 550	MPa
		F _y = 410	MPa
		E = 200000	MPa



P = 3006,87kN (Tarik) Frame 403

Panjang tekuk:

L = 9758 mm

k_c = 1, faktor tekuk untuk sendi-sendi

L_k = k_c x L = 1 x 9758 = 9758 mm

- Kontrol kelangsingan struktur tarik (RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{9758}{259} = 37,7 < 300 \quad \text{OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{9758}{71} = 137,4 < 300 \quad \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 107,06 \\ &= 395051 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

Asumsi D baut = 24 mm

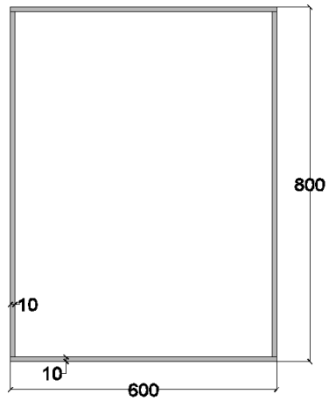
D lubang = 26 mm

U = 1

A_n = A_g - (n x D x t_f)

$$\begin{aligned}
 &= 10706 - (2 \times 26 \times 12) \\
 &= 10082 \text{ mm}^2 \\
 A_e &= U \times A_n \\
 &= 1 \times 10082 \text{ mm}^2 \\
 &= 10082 \text{ mm}^2 \\
 \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\
 &= 0,75 \times 550 \times 10082 \text{ mm}^2 \\
 &= 415882,5 \text{ kg} \\
 \phi N_n &= 395051 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\
 395051 \text{ kg} &> 300687 \text{ kg OK}
 \end{aligned}$$

10. Rangka Busur Tepi Batang Tarik (Tekan)



Gambar 6.36 Penampang Box Busur Tepi Batang Tarik

Digunakan profil box 800 x 600 x 10 x 10

$h = 800$	mm	$I_x = 266332$	cm^4
$b = 600$	mm	$I_y = 171772$	cm^4
$W = 216$	kg/m	$i_x = 31,06$	cm
$t_b = 10$	mm	$i_y = 24,94$	cm
$t_f = 10$	mm	$S_x = 6658,3$	cm^3
$A = 27600$	mm^2	$S_y = 5725,73$	cm^3
$J = 317345$	cm^4	$Z_x = 7782$	cm^3
$Z_y = 6402$	cm^3		

BJ EN 10025 : $f_u = 550 \text{ MPa}$
 $F_y = 355 \text{ MPa}$
 $E = 200000 \text{ MPa}$



$P = 2158,93 \text{ kN}$ (Tekan) Frame 1754

Panjang tekuk:

$L = 4000 \text{ mm}$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 4000 = 4000 \text{ mm}$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4000}{310,6} = 12,87 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4000}{249,4} = 16,04 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{16,04}{\pi} \times \sqrt{\frac{355}{2 \times 10^5}} = 0,2$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,2^2}) \cdot 27600 \cdot 355 = 9611455,3 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

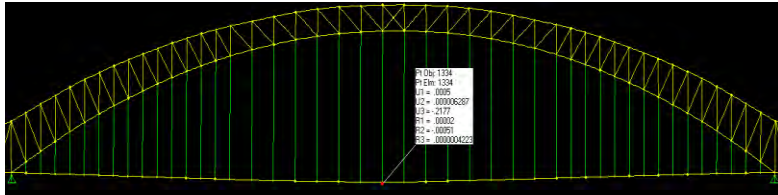
$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$215893,1 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 961145,5$$

$$215893,1 \text{ kg} \leq 816973,7 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

6.6.1.1. Kontrol Lendutan Pada Jembatan Busur

Berdasarkan analisa lendutan dengan menggunakan program bantu SAP 2000 maka didapatkan lendutan sebesar;



Gambar 6.37 Lendutan Pada Jembatan Busur

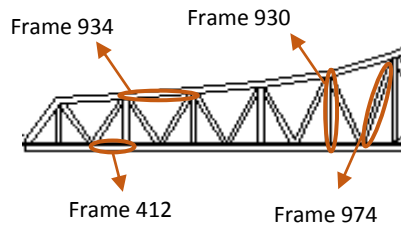
Sumber: Analisa Pemodelan

Lendutan yang terjadi = 21,79 cm

Syarat lendutan

$$\begin{aligned}
 21,79 \text{ cm} &< \frac{L}{800} \\
 21,79 \text{ cm} &< \frac{21000 \text{ cm}}{800} \\
 21,79 \text{ cm} &< 26,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

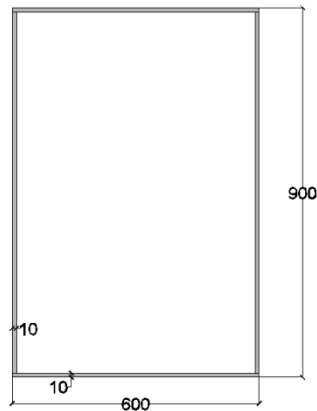
(MEMENUHI)



Gambar 6.38 Rangka Pada Jembatan Bentang 44 m

6.6.2. Rangka Pada Jembatan Bentang 44 m

1. Rangka Luar Atas (Tekan)



Gambar 6.39 Penampang Box Rangka Luar Atas (44 m)

Digunakan profil box 900 x 600 x 10 x 10

$h = 900$	mm	$I_x = 351218,7$	cm^4
$b = 600$	mm	$I_y = 18978,7$	cm^4
$W = 232,3$	kg/m	$i_x = 34,44$	cm
$t_b = 10$	mm	$i_y = 25,28$	cm
$t_f = 10$	mm	$S_x = 7804,85$	cm^3
$A = 29600$	mm^2	$S_y = 6305,95$	cm^3
$J = 375363$	cm^4	$Z_x = 9212$	cm^3
$Z_y = 6992$	cm^3		

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 355$ MPa
 $E = 200000$ MPa



$P = 5768,4 \text{ kN}$ (Tekan) Frame 934

Panjang tekuk:

$$L = 4111 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4111 = 4111 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4111}{344,4} = 11,93 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4111}{252,8} = 16,26 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{16,26}{\pi} \times \sqrt{\frac{355}{2 \times 10^5}} = 0,2$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,2^2}) \cdot 29600 \cdot 355 = 10302381,3 \text{ N}$$

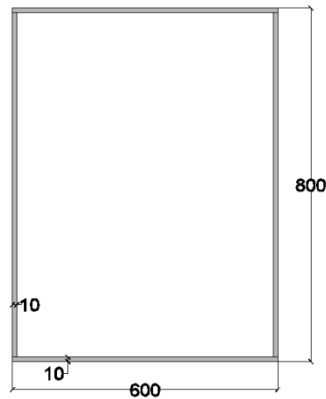
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$576843,2 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 1030238,1$$

$$576843,2 \text{ kg} \leq 875702,4 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

2. Rangka Luar Bawah (Tarik)



Gambar 6.40 Penampang Box Rangka Luar Bawah (44m)

Digunakan profil box 800 x 600 x 10 x 10

$h = 800$	mm	$I_x = 266332$	cm^4
$b = 600$	mm	$I_y = 171772$	cm^4
$W = 216$	kg/m	$i_x = 31,06$	cm
$t_b = 10$	mm	$i_y = 24,94$	cm
$t_f = 10$	mm	$S_x = 6658,3$	cm^3
$A = 27600$	mm^2	$S_y = 5725,73$	cm^3
$J = 317345$	cm^4	$Z_x = 7782$	cm^3
$Z_y = 6402$	cm^3		

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa

$F_y = 355$ MPa

$E = 200000$ MPa



$P = 4478,9$ kN (Tarik) Frame 412

Panjang tekuk:

$L = 4000$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-send

$L_k = k_c \times L = 1 \times 4000 = 4000$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4000}{310,6} = 12,88 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4000}{249,4} = 16,04 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 276 \\ &= 881820 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } D \text{ baut} &= 24 \text{ mm} \\ D \text{ lubang} &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U = 1$$

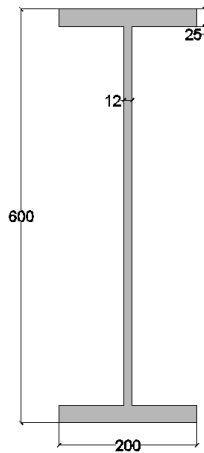
$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 27600 - (2 \times 26 \times 10) \\ &= 27080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 27080 \text{ mm}^2 \\ &= 27080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 27080 \text{ mm}^2 \\ &= 1489400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 395051 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\ 881820 \text{ kg} &> 447895,3 \text{ kg OK} \end{aligned}$$

3. Rangka Miring (Tarik)



Gambar 6.41 Penampang WF Rangka Miring (44m)

Digunakan profil WF 600 x 200 x 12 x 25

$h = 600$	mm	$I_x = 99345,8$	cm ⁴
$b = 200$	mm	$I_y = 3341,25$	cm ⁴
$W = 131,4$	kg/m	$i_x = 24,4$	cm
$t_b = 12$	mm	$i_y = 4,47$	cm
$t_f = 25$	mm	$S_x = 3311,5$	cm ³
$A = 167,4$	cm ²	$S_y = 334$	cm ³
$Z_y = 520$	cm ³	$Z_x = 3783$	cm ³
BJ 55	:	$f_u = 550$	MPa
		$F_y = 410$	MPa
		$E = 200000$	MPa

		Axial
		4907.938 KN
		at 1264.911 cm

$P = 4907,9$ kN (Tarik) Frame 974

Panjang tekuk:

$L = 4907,1$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 4907 = 4907$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tarik (RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4907}{244} = 51,84 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4907}{44,7} = 282,98 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 167,4 \\ &= 617706 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } D \text{ baut} &= 24 \text{ mm} \\ D \text{ lubang} &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U = 1$$

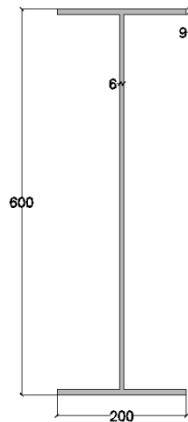
$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 16740 - (2 \times 26 \times 25) \\ &= 15440 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 15440 \text{ mm}^2 \\ &= 15440 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 15440 \text{ mm}^2 \\ &= 636900 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 617706 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\ 617706 \text{ kg} &> 490710 \text{ kg OK} \end{aligned}$$

4. Rangka Tegak (Tarik)



Gambar 6.42 Penampang WF Rangka Tegak (44m)

Digunakan profil WF 600 x 200 x 6 x 9

$h = 600$	mm	$I_x = 41294,05$	cm^4
$b = 200$	mm	$I_y = 1201,05$	cm^4
$W = 56,1$	kg/m	$i_x = 24$	cm
$t_b = 6$	mm	$i_y = 4,1$	cm
$t_f = 9$	mm	$S_x = 1376$	cm^3
$A = 71,42$	cm^2	$S_y = 120,1$	cm^3
$Z_y = 185$	cm^3	$Z_x = 1572$	cm^3
BJ 55 : $f_u = 550$ MPa			
$F_y = 410$ MPa			
$E = 200000$ MPa			



$P = 1313,29\text{kN}$ (Tarik) Frame 930

Panjang tekuk:

$L = 9250$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 9250 = 9250$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{9250}{240} = 38,54 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{9250}{41} = 225,61 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 71,42 \\ &= 263539,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } D \text{ baut} &= 24 \text{ mm} \\ D \text{ lubang} &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U = 1$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 7142 - (2 \times 26 \times 9) \\ &= 6674 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

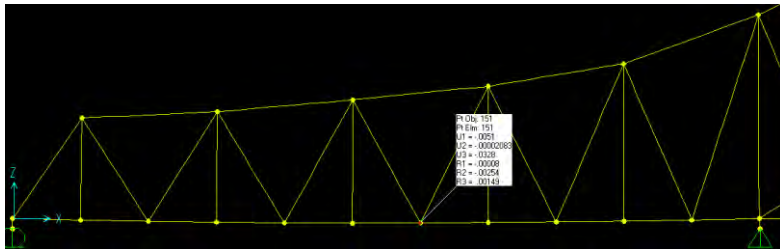
$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 6674 \text{ mm}^2 \\ &= 6674 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 6674 \text{ mm}^2 \\ &= 275302,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 263539,8 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\ 263539,8 \text{ kg} &> 131329 \text{ kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

6.6.2.1. Kontrol Lendutan Pada Jembatan 44 m

Berdasarkan analisa lendutan dengan menggunakan program bantu SAP 2000 maka didapatkan lendutan sebesar;



Gambar 6. 43 Lendutan Pada Jembatan 44 m

Sumber: Analisa Pemodelan

Lendutan yang terjadi = 3,28 cm

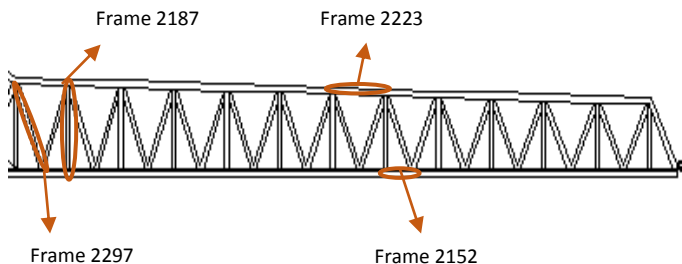
Syarat lendutan

$$3,28 \text{ cm} < \frac{L}{800}$$

$$3,28 \text{ cm} < \frac{4400 \text{ cm}}{800}$$

$$3,28 \text{ cm} < 5,5 \text{ cm}$$

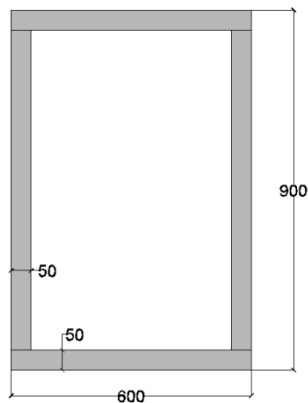
(MEMENUHI)



Gambar 6.44 Rangka Pada Jembatan Bentang 100 m

6.6.3. Rangka Pada Jembatan Bentang 100 m

1. Rangka Luar Atas (Tekan)



Gambar 6. 45 Penampang Box Rangka Luar Atas (100m)

Digunakan profil box 900 x 600 x 50 x 50

$h = 900$ mm	$I_x = 1511667$ cm ⁴
$b = 600$ mm	$I_y = 786667$ cm ⁴
$W = 1099$ kg/m	$i_x = 32,85$ cm
$t_b = 50$ mm	$i_y = 23,7$ cm
$t_f = 50$ mm	$S_x = 33592,59$ cm ³
$A = 140000$ mm ²	$S_y = 26222,2$ cm ³
$J = 1536373$ cm ⁴	$Z_x = 41500$ cm ³
$Z_y = 31000$ cm ³	

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 335$ MPa
 $E = 200000$ MPa



$P = 22720,57$ kN (Tekan) Frame 2223

Panjang tekuk:

$$L = 8003 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 8003 = 8003 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{8003}{328,5} = 24,3 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{8003}{237} = 33, < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{33,7}{\pi} \times \sqrt{\frac{335}{2 \times 10^5}} = 0,4$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,4^2}) \cdot 140000 \cdot 335 = 43276400 \text{ N}$$

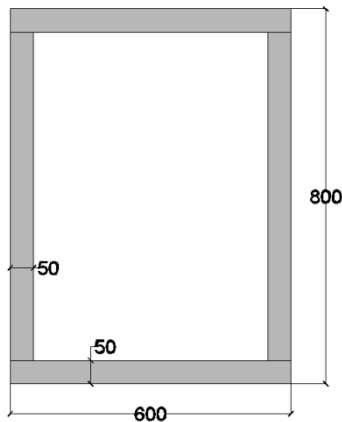
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$2272057,2 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 4327640$$

$$2272057,2 \text{ kg} \leq 3678494,1 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

2. Rangka Luar Bawah (Tarik)



Gambar 6. 46 Penampang Box Rangka Luar Bawah (100m)

Digunakan profil box 800 x 600 x 50 x 50

$$h = 800 \text{ mm} \quad I_x = 1130833 \text{ cm}^4$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad I_y = 710833,3 \text{ cm}^4$$

$$W = 1021 \text{ kg/m} \quad i_x = 29,49 \text{ cm}$$

$$t_b = 50 \text{ mm} \quad i_y = 23,38 \text{ cm}$$

$$t_f = 50 \text{ mm} \quad S_x = 28270,83 \text{ cm}^3$$

$$A = 130000 \text{ mm}^2 \quad S_y = 23694 \text{ cm}^3$$

$$J = 1363009 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 34750 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 28250 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ EN 10025 : } f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 335 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$



$$P = 20189,732 \text{ kN (Tarik) Frame 2152}$$

Panjang tekuk:

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4000 = 4000 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4000}{294,9} = 13,56 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4000}{233,8} = 17,1 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 3350 \times 1300 \\ &= 3919500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } D \text{ baut} &= 24 \text{ mm} \\ D \text{ lubang} &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U = 1$$

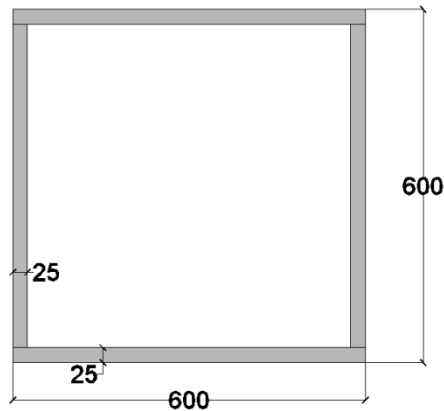
$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 130000 - (2 \times 26 \times 50) \\ &= 127400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 127400 \text{ mm}^2 \\ &= 127400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 127400 \text{ mm}^2 \\ &= 5255250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 3919500 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\ 3919500 \text{ kg} &> 2018973 \text{ kg OK} \end{aligned}$$

3. Rangka Miring (Tarik)



Gambar 6.47 Penampang Box Rangka Miring (100m)

Digunakan profil box 600 x 600 x 25 x 25

$h = 600$	mm	$I_x = 317447,9$	cm ⁴
$b = 600$	mm	$I_y = 317447,9$	cm ⁴
$W = 451,3$	kg/m	$i_x = 23,49$	cm
$t_b = 25$	mm	$i_y = 23,49$	cm
$t_f = 25$	mm	$S_x = 10581,59$	cm ³
$A = 57500$	mm ²	$S_y = 10581,59$	cm ³
$J = 485984,8$	cm ⁴	$Z_x = 12406,3$	cm ³
$Z_y = 12406,3$	cm ³		

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa

$F_y = 345$ MPa

$E = 200000$ MPa



$P = 11270$ kN (Tarik) Frame 2297

Panjang tekuk:

$L = 12649$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 4000 = 4000$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{12649}{234,9} = 53,85 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{12649}{234,9} = 53,85 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 3350 \times 575 \\ &= 1785375 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } D \text{ baut} &= 24 \text{ mm} \\ D \text{ lubang} &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U = 1$$

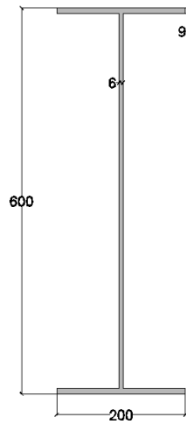
$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 57500 - (2 \times 26 \times 25) \\ &= 56200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 56200 \text{ mm}^2 \\ &= 56200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 56200 \text{ mm}^2 \\ &= 2318250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 1785375 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\ 1785375 \text{ kg} &> 1127002 \text{ kg OK} \end{aligned}$$

4. Rangka Tegak (Tarik)



Gambar 6.48 Penampang WF Rangka Tegak (100m)

Digunakan profil WF 600 x 200 x 6 x 9

$h = 600$	mm	$I_x = 41294,05$	cm ⁴
$b = 200$	mm	$I_y = 1201,05$	cm ⁴
$W = 56,1$	kg/m	$i_x = 24$	cm
$t_b = 6$	mm	$i_y = 4,1$	cm
$t_f = 9$	mm	$S_x = 1376$	cm ³
$A = 71,42$	cm ²	$S_y = 120,1$	cm ³
$Z_y = 185$	cm ³	$Z_x = 1572$	cm ³
BJ 55	:	$f_u = 550$	MPa
		$F_y = 410$	MPa
		$E = 200000$	MPa



$P = 1283,2$ kN (Tarik) Frame 2187

Panjang tekuk:

$L = 11770$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 11770 = 11770$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tarik

(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$- \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{11770}{240} = 49,04 < 300 \text{ OK}$$

$$- \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{11770}{41} = 287,07 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 71,42 \\ &= 263539,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } D \text{ baut} &= 24 \text{ mm} \\ D \text{ lubang} &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U = 1$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 7142 - (2 \times 26 \times 9) \\ &= 6674 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

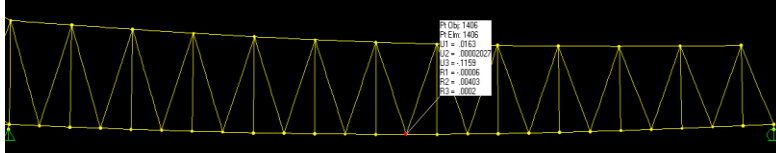
$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 6674 \text{ mm}^2 \\ &= 6674 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 6674 \text{ mm}^2 \\ &= 275302,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 263539,8 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\ 263539,8 \text{ kg} &> 128320 \text{ kg OK} \end{aligned}$$

6.6.3.1. Kontrol Lendutan Pada Jembatan 100 m

Berdasarkan analisa lendutan dengan menggunakan program bantu SAP 2000 maka didapatkan lendutan sebesar;



Gambar 6. 49 Lendutan Pada Jembatan 100 m

Sumber: Analisa Pemodelan

Lendutan yang terjadi = 11,7 cm

Syarat lendutan

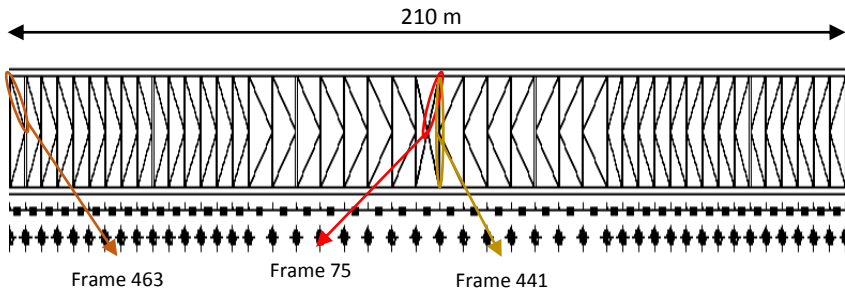
$$\begin{aligned}
 21,79 \text{ cm} &< \frac{L}{800} \\
 21,79 \text{ cm} &< \frac{10000 \text{ cm}}{800} \\
 21,79 \text{ cm} &< 12,5 \text{ cm} \\
 &\text{(MEMENUHI)}
 \end{aligned}$$

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

7.1. Ikatan Angin Atas

Bentuk konstruksi ikatan angin atas diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang. Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur.

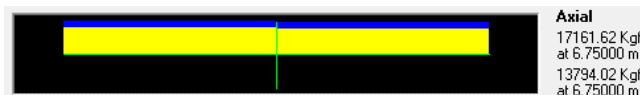


Gambar 7.1 Ikatan Angin Atas Busur

Ikatan angina atas busur dimulai dari as 12 sampai as 65. Untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban P yang besarnya diambil rata rata dari jumlah beban W (beban angin).

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

- a. Batang horizontal (Tarik)



$P = 17162 \text{ kg}$ (Tarik) Frame 441

Profil yang dipakai : WF 300 x 150 x 9 x 12

$d = 300$	mm	$I_x = 9046$	cm^4
$b = 150$	mm	$I_y = 676$	cm^4
$A = 61.63$	cm^2	$i_x = 12,1$	cm
$tw = 9$	mm	$i_y = 3,31$	cm
$tf = 12$	mm	$S_x = 603$	cm^3

$$\begin{array}{llll}
 W = 48,4 & \text{kg/m} & S_y = 90,2 & \text{cm}^3 \\
 Z_x = 690 & \text{cm}^3 & Z_y = 140,6 & \text{cm}^3
 \end{array}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \times 12} = 6,25$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 13500 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 13500 = 13500 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{13500}{121} = 111,57 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\
 &= 0,9 \times 4100 \times 61,63 \\
 &= 227415 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\text{Asumsi } D \text{ baut} = 24 \text{ mm}$$

$$D \text{ lubang} = 26 \text{ mm}$$

$$U = 1$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - (n \times D \times tf) \\
 &= 6163 - (2 \times 26 \times 12) \\
 &= 5539 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \times A_n \\
 &= 1 \times 5539 \text{ mm}^2 \\
 &= 5539 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\
 &= 0,75 \times 550 \times 5539 \text{ mm}^2 \\
 &= 228483,8 \text{ kg} \\
 \phi N_n &= 227415 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)} \\
 227415 \text{ kg} &> 17162 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

b. Batang diagonal (Tekan)



P = 17615 kg (Tekan) Frame 75

Profil yang dipakai : 2L 200 x 200 x 15

$$\begin{aligned}
 H &= 200 \text{ mm} & I_x &= 4360 \text{ cm}^4 \\
 W &= 90,67 \text{ kg/m} & I_y &= 8601,58 \text{ cm}^4 \\
 A &= 115,5 \text{ cm}^2 & i_x &= 6,14 \text{ cm} \\
 t_b &= 15 \text{ mm} & i_y &= 8,63 \text{ cm} \\
 t_f &= 15 \text{ mm} & S_x &= 299,86 \text{ cm}^3 \\
 S_y &= 417,55 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} = \frac{200}{2 \times 15} = 6,7$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 7387 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7387 = 7387 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{7387}{61,4} = 240,62 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{7387}{86,3} = 171,19$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{240,62}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 3,4$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{3,4^2} \cdot 11550 \cdot 410 = 346525 \quad \text{N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$17614,72 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 346525$$

$$17614,72 \text{ kg} \leq 29454,7 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

c. Batang diagonal (Tekan)



P = 9396 kg (Tekan) Frame 463

Profil yang dipakai : 2L 130 x 130 x 9

$$H = 130 \text{ mm} \quad I_x = 732 \text{ cm}^4$$

$$W = 35,7 \text{ kg/m} \quad I_y = 1452,42 \text{ cm}^4$$

$$A = 45,48 \text{ cm}^2 \quad i_x = 4,01 \text{ cm}$$

$$t_b = 9 \text{ mm} \quad i_y = 5,65 \text{ cm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm} \quad S_x = 77,3 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 107,99 \text{ cm}^3$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{130}{2 \times 9} = 7,22$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 8097 \text{ mm}$$

$kc = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$Lk = kc \times L = 1 \times 8097 = 8097 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{8097}{40,1} = 201,97 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{8097}{56,5} = 143,31$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{201,97}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 2,9$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

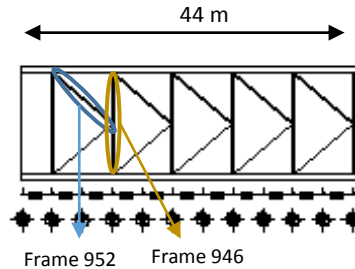
$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot fy \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{2,1^2} \cdot 4548 \cdot 410 = 193764 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$\begin{array}{rcl} N_u & \leq & \phi \cdot N_n \\ 9396 \text{ kg} & \leq & 0,85 \cdot 19376,4 \\ 9396 \text{ kg} & \leq & 16469,9 \text{ kg} \quad \text{OK} \end{array}$$



Gambar 7.2 Ikatan Angin Atas Pada Bentang 44 m

Ikatan angina atas busur dimulai dari as 2 sampai as 12.
Dari Output SAP 2000, didapatkan :

- a. Batang diagonal (Tekan)



$P = 11347.5 \text{ kg (Tekan) Frame 952}$

Profil yang dipakai : 2L 175 x 175 x 12

$H = 175 \text{ mm}$ $I_x = 2340 \text{ cm}^4$

$W = 63,62 \text{ kg/m}$ $I_y = 4642,26 \text{ cm}^4$

$A = 81,04 \text{ cm}^2$ $i_x = 5,37 \text{ cm}$

$t_b = 12 \text{ mm}$ $i_y = 7,57 \text{ cm}$

$t_f = 12 \text{ mm}$ $S_x = 183,24 \text{ cm}^3$

$S_y = 256,48 \text{ cm}^3$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} = \frac{175}{2 \times 12} = 7,29$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 10479 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10479 = 10479 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{10479}{53,7} = 195 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{10479}{75,7} = 138$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{195}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 2,8$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{2,8^2} \cdot 8104 \cdot 410 = 369676 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi \cdot N_n \\ 11347,47 \text{ kg} &\leq 0,85 \cdot 36967,6 \\ 11347,47 \text{ kg} &\leq 31422,4 \text{ kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

b. Batang horizontal (Tekan)



$$P = 7943,4 \text{ kg (Tekan) Frame 946}$$

Profil yang dipakai : WF 300 x 150 x 9 x 12

$$\begin{aligned} d &= 300 \text{ mm} & I_x &= 9046 \text{ cm}^4 \\ b &= 150 \text{ mm} & I_y &= 676 \text{ cm}^4 \\ A &= 61,63 \text{ cm}^2 & i_x &= 12,1 \text{ cm} \\ t_w &= 9 \text{ mm} & i_y &= 3,31 \text{ cm} \end{aligned}$$

tf = 12	mm	Sx = 603	cm ³
W = 48,4	kg/m	Sy = 90,2	cm ³
Zx = 690	cm ³	Zy = 140,6	cm ³

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \times 12} = 6,25$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 13500 \text{ mm}$$

kc = 1, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = kc \times L = 1 \times 13500 = 13500 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{13500}{121} = 111,5 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{13500}{33,1} = 407,85$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{111,5}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,6$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

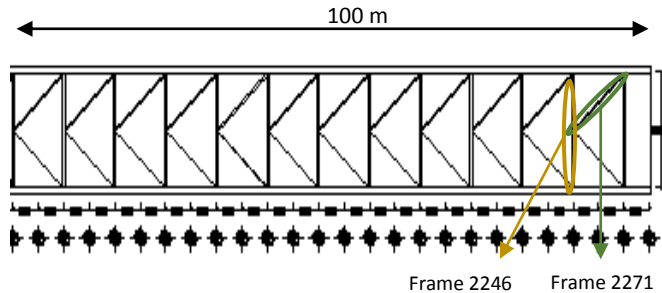
$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot fy \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{1,6^2} \cdot 6163 \cdot 410 = 860018 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$\begin{array}{rclcl}
 N_u & \leq & \phi \cdot N_n & & \\
 7943,4 \text{ kg} & \leq & 0,85 \cdot 86001,8 & & \\
 7943,4 \text{ kg} & \leq & 73101,6 \text{ kg} & \text{OK} &
 \end{array}$$



Gambar 7.3 Ikatan Angin Atas Pada Bentang 100 m

Ikatan angin atas busur dimulai dari as 56 sampai as 81.
 Dari Output SAP 2000, didapatkan :

a. Batang diagonal (Tekan)



P = 20824,6kg (Tekan) Frame 2271

Profil yang dipakai : 2L 175 x 175 x 12

H = 175	mm	I _x = 2340	cm ⁴
W = 63,62	kg/m	I _y = 4642,26	cm ⁴
A = 81,04	cm ²	i _x = 5,37	cm
t _b = 12	mm	i _y = 7,57	cm
t _f = 12	mm	S _x = 183,24	cm ³
S _y = 256,48	cm ³		

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{2 \times 12} = 7,29$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 10469 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10469 = 10469 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{10469}{53,7} = 195 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{10469}{75,7} = 138$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{195}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 2,8$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{2,8^2} \cdot 8104 \cdot 410 = 370382 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$20824,6 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 37038,2$$

$$20824,6 \text{ kg} \leq 31482,5 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

b. Batang horizontal (Tekan)



P = 14757 kg (Tekan) Frame 2246

Profil yang dipakai : WF 300 x 150 x 9 x 16

d = 300 mm I_x = 11132 cm⁴

b = 150 mm I_y = 901 cm⁴

A = 72,91 cm² i_x = 12,4 cm

tw = 9 mm i_y = 3,52 cm

tf = 16 mm S_x = 742 cm³

W = 57,2 kg/m S_y = 120,2 cm³

Z_x = 843 cm³ Z_y = 185,4 cm³

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \times 16} = 4,69$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

L = 13500 mm

kc = 1, faktor tekuk untuk sendi-send

L_k = kc x L = 1 x 13500 = 13500 mm

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{13500}{124} = 108,9 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{13500}{35,2} = 383,52$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{108,9}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,6$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{1,6^2} \cdot 7291 \cdot 410 = 1068502 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

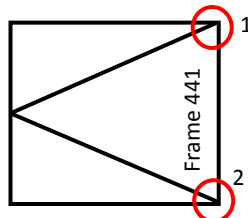
$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$14757,1 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 106850,2$$

$$14757,1 \text{ kg} \leq 90822,7 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

7.1.2. Sambungan

a. Sambungan Ikatan Angin Atas Busur



Gambar 7.4 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 441

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang horizontal ke plat simpul

$$Sh = 17161,6 \text{ kg}$$

Perencanaan:

$$\text{- Pelat BJ 41 } F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{- Baut A325 } F_u^b = 620 \text{ Mpa}$$

$$\text{- D baut rencana} = 2 \text{ cm}$$

$$\text{- Tb baut} = 145 \text{ kN}$$

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\varnothing Rn &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 0,75 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 14500 \\ &= 8602 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Jumlah baut

yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\varnothing Rn} = \frac{17161,6 \text{ kg}}{8602 \text{ kg}} = 2 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

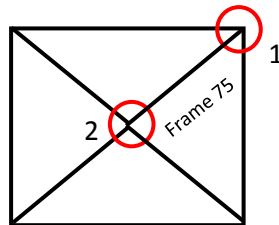
$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$



Gambar 7.5 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 75

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$$S_d = 17614,7 \text{ kg}$$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \phi \times m \times r_l \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\varnothing R_n} = \frac{17614,7 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 1 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

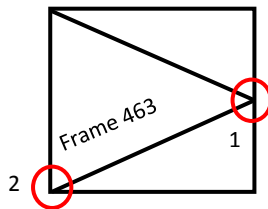
$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$



Gambar 7.6 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 463

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 9396 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana $= 2 \text{ cm}$
- T_b baut $= 145 \text{ kN}$

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times m \times r_l \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{9396 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 1 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) $= 1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100)$ atau 200mm

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Jarak antar baut (S) $= 2,5 d_b \text{ s/d } 15t_p$ atau 200mm

$$2,5 d_b = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$

Tabel 7.1 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Atas Busur

No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut					
				Kuat Geser		Kuat Tumpu		Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	20	463	-9396	19478	14608.4	19680	14760	4	4
2	20	464	9369	19478	14608.4	19680	14760	4	4
3	20	465	-9207	19478	14608.4	19680	14760	4	4
4	20	466	9171	19478	14608.4	19680	14760	4	4
5	20	467	-8938	19478	14608.4	19680	14760	4	4
6	20	468	8900	19478	14608.4	19680	14760	4	4
7	20	469	-8701	19478	14608.4	19680	14760	4	4
8	20	470	8660	19478	14608.4	19680	14760	4	4
9	20	471	-8402	19478	14608.4	19680	14760	4	4
10	20	472	8361	19478	14608.4	19680	14760	4	4
11	20	473	-8129	19478	14608.4	19680	14760	4	4
12	20	474	8087	19478	14608.4	19680	14760	4	4
13	20	476	-7858	19478	14608.4	19680	14760	4	4
14	20	477	7814	19478	14608.4	19680	14760	4	4
15	20	478	-7581	19478	14608.4	19680	14760	4	4
16	20	479	7541	19478	14608.4	19680	14760	4	4
17	20	480	-7303	19478	14608.4	19680	14760	4	4
18	20	481	7262	19478	14608.4	19680	14760	4	4
19	20	482	-7023	19478	14608.4	19680	14760	4	4
20	20	483	6988	19478	14608.4	19680	14760	4	4
21	20	484	-6760	19478	14608.4	19680	14760	4	4
22	20	485	6722	19478	14608.4	19680	14760	4	4
23	20	486	-6478	19478	14608.4	19680	14760	4	4
24	20	487	6445	19478	14608.4	19680	14760	4	4
25	20	488	-6193	19478	14608.4	19680	14760	4	4
26	20	489	6161	19478	14608.4	19680	14760	4	4
27	20	490	-5911	19478	14608.4	19680	14760	4	4
28	20	491	5880	19478	14608.4	19680	14760	4	4
29	20	492	-5631	19478	14608.4	19680	14760	4	4
30	20	493	5601	19478	14608.4	19680	14760	4	4
31	20	494	-6138	19478	14608.4	19680	14760	4	4
32	20	495	6109	19478	14608.4	19680	14760	4	4
33	20	496	-5704	19478	14608.4	19680	14760	4	4
34	20	497	5674	19478	14608.4	19680	14760	4	4
35	20	498	-5260	19478	14608.4	19680	14760	4	4
36	20	499	5231	19478	14608.4	19680	14760	4	4

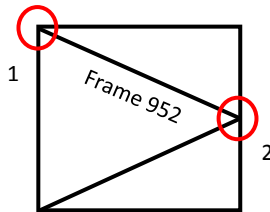
37	20	500	-4799	19478	14608.4	19680	14760	4	4
38	20	501	-4775	19478	14608.4	19680	14760	4	4
39	20	502	-4353	19478	14608.4	19680	14760	4	4
40	20	503	4332	19478	14608.4	19680	14760	4	4
41	20	504	-3905	19478	14608.4	19680	14760	4	4
42	20	505	3888	19478	14608.4	19680	14760	4	4
43	20	506	-3476	19478	14608.4	19680	14760	4	4
44	20	507	3449	19478	14608.4	19680	14760	4	4
45	20	510	-17574	19478	14608.4	19680	14760	4	4
46	20	511	-17574	19478	14608.4	19680	14760	4	4
47	20	75	-17664	19478	14608.4	19680	14760	4	4
48	20	76	-17664	19478	14608.4	19680	14760	4	4
49	20	508	-2469	19478	14608.4	19680	14760	4	4
50	20	509	2434	19478	14608.4	19680	14760	4	4
51	20	514	-2466	19478	14608.4	19680	14760	4	4
52	20	515	2444	19478	14608.4	19680	14760	4	4
53	20	516	-2481	19478	14608.4	19680	14760	4	4
54	20	517	2455	19478	14608.4	19680	14760	4	4
55	20	518	-2377	19478	14608.4	19680	14760	4	4
56	20	519	2349	19478	14608.4	19680	14760	4	4
57	20	520	-2512	19478	14608.4	19680	14760	4	4
58	20	521	2479	19478	14608.4	19680	14760	4	4
59	20	522	-2519	19478	14608.4	19680	14760	4	4
60	20	523	2485	19478	14608.4	19680	14760	4	4
61	20	524	-2519	19478	14608.4	19680	14760	4	4
62	20	525	2486	19478	14608.4	19680	14760	4	4
63	20	526	-2189	19478	14608.4	19680	14760	4	4
64	20	527	2148	19478	14608.4	19680	14760	4	4
65	20	528	-2196	19478	14608.4	19680	14760	4	4
66	20	529	2153	19478	14608.4	19680	14760	4	4
67	20	530	-2205	19478	14608.4	19680	14760	4	4
68	20	531	2158	19478	14608.4	19680	14760	4	4
69	20	532	-2282	19478	14608.4	19680	14760	4	4
70	20	533	2238	19478	14608.4	19680	14760	4	4
71	20	534	-2558	19478	14608.4	19680	14760	4	4
72	20	535	2507	19478	14608.4	19680	14760	4	4
73	20	536	-2820	19478	14608.4	19680	14760	4	4
74	20	537	2774	19478	14608.4	19680	14760	4	4
75	20	538	-3089	19478	14608.4	19680	14760	4	4
76	20	539	3041	19478	14608.4	19680	14760	4	4

77	20	540	-3358	19478	14608.4	19680	14760	4	4
78	20	541	3312	19478	14608.4	19680	14760	4	4
79	20	542	-3623	19478	14608.4	19680	14760	4	4
80	20	543	3578	19478	14608.4	19680	14760	4	4
81	20	544	-3884	19478	14608.4	19680	14760	4	4
82	20	545	3839	19478	14608.4	19680	14760	4	4
83	20	546	-4146	19478	14608.4	19680	14760	4	4
84	20	547	4103	19478	14608.4	19680	14760	4	4
85	20	548	-4422	19478	14608.4	19680	14760	4	4
86	20	549	4378	19478	14608.4	19680	14760	4	4
87	20	550	-4659	19478	14608.4	19680	14760	4	4
88	20	551	4619	19478	14608.4	19680	14760	4	4
89	20	552	-4915	19478	14608.4	19680	14760	4	4
90	20	553	4877	19478	14608.4	19680	14760	4	4
91	20	554	-5117	19478	14608.4	19680	14760	4	4
92	20	555	5087	19478	14608.4	19680	14760	4	4
93	20	409	-7788	19478	14608.4	19680	14760	4	4
94	20	408	-7977	19478	14608.4	19680	14760	4	4
95	20	421	-7588	19478	14608.4	19680	14760	4	4
96	20	422	-7394	19478	14608.4	19680	14760	4	4
97	20	423	-7195	19478	14608.4	19680	14760	4	4
98	20	424	-6985	19478	14608.4	19680	14760	4	4
99	20	425	-6782	19478	14608.4	19680	14760	4	4
100	20	426	-6573	19478	14608.4	19680	14760	4	4
101	20	427	-6356	19478	14608.4	19680	14760	4	4
102	20	428	-6141	19478	14608.4	19680	14760	4	4
103	20	429	-5918	19478	14608.4	19680	14760	4	4
104	20	430	-5699	19478	14608.4	19680	14760	4	4
105	20	431	-5470	19478	14608.4	19680	14760	4	4
106	20	432	-5241	19478	14608.4	19680	14760	4	4
107	20	433	-5060	19478	14608.4	19680	14760	4	4
108	20	434	-4825	19478	14608.4	19680	14760	4	4
109	20	435	-4514	19478	14608.4	19680	14760	4	4
110	20	436	-4195	19478	14608.4	19680	14760	4	4
111	20	437	-3874	19478	14608.4	19680	14760	4	4
112	20	438	-3555	19478	14608.4	19680	14760	4	4
113	20	439	-3230	19478	14608.4	19680	14760	4	4
114	20	440	15873	19478	14608.4	19680	14760	4	4
115	20	441	17162	19478	14608.4	19680	14760	4	4

116	20	442	1835	19478	14608.4	19680	14760	4	4
117	20	443	1829	19478	14608.4	19680	14760	4	4
118	20	444	1831	19478	14608.4	19680	14760	4	4
119	20	445	1832	19478	14608.4	19680	14760	4	4
120	20	446	1834	19478	14608.4	19680	14760	4	4
121	20	447	1834	19478	14608.4	19680	14760	4	4
122	20	448	1834	19478	14608.4	19680	14760	4	4
123	20	449	1839	19478	14608.4	19680	14760	4	4
124	20	450	-1851	19478	14608.4	19680	14760	4	4
125	20	451	-2078	19478	14608.4	19680	14760	4	4
126	20	452	-2296	19478	14608.4	19680	14760	4	4
127	20	453	-2517	19478	14608.4	19680	14760	4	4
128	20	454	-2733	19478	14608.4	19680	14760	4	4
129	20	455	-2952	19478	14608.4	19680	14760	4	4
130	20	456	-3161	19478	14608.4	19680	14760	4	4
131	20	457	-3366	19478	14608.4	19680	14760	4	4
132	20	458	-3575	19478	14608.4	19680	14760	4	4
133	20	459	-3775	19478	14608.4	19680	14760	4	4
134	20	460	-3968	19478	14608.4	19680	14760	4	4
135	20	461	-4169	19478	14608.4	19680	14760	4	4
136	20	462	-4358	19478	14608.4	19680	14760	4	4

Sumber: Analisa Perhitungan

b. Sambungan Ikatan Angin Atas Pada Bentang 44 m



Gambar 7.7 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 952

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 11347,5 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times m \times r1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{11347,5 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 1 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = $1,5 d_b$ s/d $(4 t_p + 100)$ atau 200mm

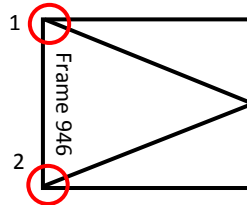
$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 \text{ db s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$



Gambar 7.8 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 946

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang horizontal ke plat simpul

$$Sh = 7943,4 \text{ kg}$$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 0,75 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 14500 \\ &= 8602 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Jumlah baut

yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{7943,4 \text{ kg}}{8602 \text{ kg}} = 1 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

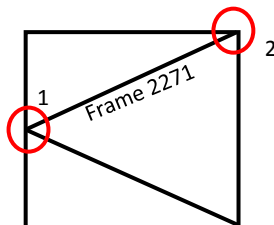
Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
 $15\text{tp} = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$

Tabel 7.2 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Atas (44m)

No	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut					
			Kuat Geser		Kuat Tumpu		Baut (n)	Baut Yang Digunakan
			Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	952	-11347.5	19478	14608.4	19680	14760	4	4
2	953	11335.5	19478	14608.4	19680	14760	4	4
3	1	-10215.9	19478	14608.4	19680	14760	4	4
4	2	10197.4	19478	14608.4	19680	14760	4	4
5	3	-9158.56	19478	14608.4	19680	14760	4	4
6	4	9139.94	19478	14608.4	19680	14760	4	4
7	5	-8155.18	19478	14608.4	19680	14760	4	4
8	6	8136.11	19478	14608.4	19680	14760	4	4
9	7	-7795.45	19478	14608.4	19680	14760	4	4
10	8	7836.03	19478	14608.4	19680	14760	4	4
11	945	229.7	19478	14608.4	19680	14760	4	4
12	946	-7943.44	19478	14608.4	19680	14760	4	4
13	947	-7222.72	19478	14608.4	19680	14760	4	4
14	948	-6542.49	19478	14608.4	19680	14760	4	4
15	949	-6139.35	19478	14608.4	19680	14760	4	4
16	950	7459.1	19478	14608.4	19680	14760	4	4

Sumber: Analisa Perhitungan

c. Sambungan Ikatan Angin Atas Pada Bentang 100 m



Gambar 7.9 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 2271

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 20824,6 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana $= 2 \text{ cm}$
- T_b baut $= 145 \text{ kN}$

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times m \times r1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{20824,6 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 1,4 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) $= 1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100)$ atau 200mm

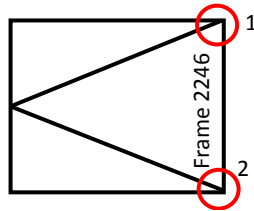
$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Jarak antar baut(S) $= 2,5 d_b \text{ s/d } 15t_p$ atau 200mm

$$2,5 d_b = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$



Gambar 7.10 Sambungan Ikatan Angin Atas Frame 2246

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang horizontal ke plat simpul

$$Sh = 14757,1 \text{ kg}$$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 0,75 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 14500 \\ &= 8602 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Jumlah baut

yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{14757,1 \text{ kg}}{8602 \text{ kg}} = 2 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$

Tabel 7.3 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Atas (100m)

No	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut					
			Kuat Geser		Kuat Tumpu		Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
			Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	2272	20822.0	19478	14608	19680	14760	4	4
2	2271	-20824.6	19478	14608	19680	14760	4	4
3	2270	18203.2	19478	14608	19680	14760	4	4
4	2269	-18213.6	19478	14608	19680	14760	4	4
5	2268	15739.5	19478	14608	19680	14760	4	4
6	2267	-15755.4	19478	14608	19680	14760	4	4
7	2266	13276.7	19478	14608	19680	14760	4	4
8	2265	-13296.2	19478	14608	19680	14760	4	4
9	2264	10817.2	19478	14608	19680	14760	4	4
10	2263	-10833.5	19478	14608	19680	14760	4	4
11	2262	8356.1	19478	14608	19680	14760	4	4
12	2261	-8372.5	19478	14608	19680	14760	4	4
13	2260	5893.6	19478	14608	19680	14760	4	4
14	2259	-5908.2	19478	14608	19680	14760	4	4
15	2258	3434.0	19478	14608	19680	14760	4	4
16	2257	-3446.6	19478	14608	19680	14760	4	4
17	23	-1358.1	19478	14608	19680	14760	4	4
18	22	-1358.2	19478	14608	19680	14760	4	4
19	21	-1971.0	19478	14608	19680	14760	4	4
20	20	1965.8	19478	14608	19680	14760	4	4
21	19	-4429.5	19478	14608	19680	14760	4	4
22	18	4429.4	19478	14608	19680	14760	4	4
23	17	-8566.2	19478	14608	19680	14760	4	4
24	16	5724.2	19478	14608	19680	14760	4	4
25	2247	1897.5	19478	14608	19680	14760	4	4
26	2246	-14757.1	19478	14608	19680	14760	4	4
27	2245	-13314.5	19478	14608	19680	14760	4	4
28	2244	-11726.8	19478	14608	19680	14760	4	4
29	2243	-10141.0	19478	14608	19680	14760	4	4
30	2242	-8554.33	19478	14608	19680	14760	4	4
31	2241	-6968.22	19478	14608	19680	14760	4	4
32	2240	-5382.21	19478	14608	19680	14760	4	4
33	2239	-3796.57	19478	14608	19680	14760	4	4
34	2238	-2211.24	19478	14608	19680	14760	4	4
35	2237	-2850.60	19478	14608	19680	14760	4	4
36	2236	-3685.38	19478	14608	19680	14760	4	4
37	2235	8077.69	19478	14608	19680	14760	4	4

Sumber: Analisa Perhitungan

d. Kontrol Plat

Dipakai profil L 100 x 10

$$A = 10 \times 1 = 10 \text{ cm}^2$$

$$t = 1 \text{ cm}$$

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

Kontrol kekuatan leleh (Plat)

$$\begin{aligned}\phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 10 \\ &= 22500 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol kekuatan patah (Baut)

$$\text{Asumsi: } D \text{ baut} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ lubang} = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 1000 - (2 \times 22 \times 10) \\ &= 560 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 560 \text{ mm}^2 \\ &= 560 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 410 \times 560 \text{ mm}^2 \\ &= 17220 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi N_n (\text{Plat}) > \phi N_n (\text{Baut})$$

$$22500 \text{ kg} > 17220 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

e. Sambungan Plat Dengan Las

Las sudut

$$\text{Mutu logam pengisi } F_{E60xx} = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu plat, } f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan ukuran las:

$$\text{maks} = 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{min} = 5 \text{ mm (buku LRFD, Tabel 7.1)}$$

$$a = 7 \text{ mm (ukuran las yang digunakan)}$$

$$t_e = 5 \text{ mm (tebal efektif)}$$

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn \text{ (las)} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E60xx} \times t_e \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4218 \times 0,5 \\ &= 899,1 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

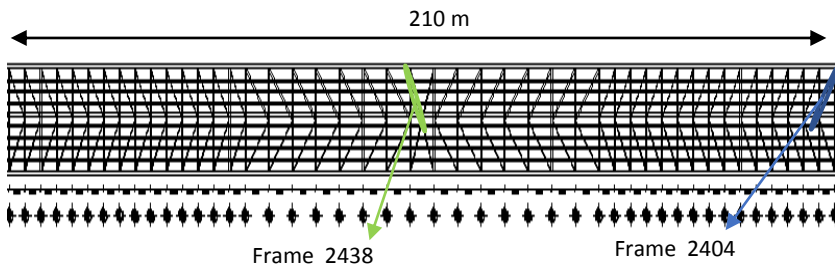
$$\begin{aligned}\emptyset.Rn \text{ (bahan)} &= 0,75 \times 0,6 \times F_u \times t_e \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 0,5 \\ &= 874 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

Panjang lasa yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}L_w &= P_u / \emptyset.Rn \\ &= 20820 / 874 \\ &= 23,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

7.2. Ikatan Angin Bawah

Ikatan angina bawah terdiri dari batang tarik dan tekan, berikut penjabarannya



Gambar 7.11 Ikatan Angin Bawah Busur

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

a. Batang diagonal (Tarik)



$P = 23960 \text{ kg}$ (Tarik) Frame 2438

Profil yang dipakai : 2L 175 x 175 x 12

$H = 175$	mm	$I_x = 2340$	cm^4
$W = 63,62$	kg/m	$I_y = 4642,26$	cm^4
$A = 81,04$	cm^2	$i_x = 5,37$	cm

$$\begin{aligned}
 t_b &= 12 \text{ mm} & i_y &= 7,57 \text{ cm} \\
 t_f &= 12 \text{ mm} & S_x &= 183,24 \text{ cm}^3 \\
 S_y &= 256,48 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- Panjang tekuk:

$$L = 7387 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7387 = 7387 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{7387}{53,7} = 137,56 < 300 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\
 &= 0,9 \times 4100 \times 81,04 \\
 &= 299037,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi } D_{\text{baut}} &= 24 \text{ mm} \\
 D_{\text{lubang}} &= 26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$U = 1$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\
 &= 8104 - (2 \times 26 \times 12) \\
 &= 7480 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \times A_n \\
 &= 1 \times 7480 \\
 &= 7480 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\
 &= 0,75 \times 550 \times 7480 \\
 &= 308550 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi N_n = 299037,6 \text{ kg (diambil nilai yang terkecil)}$$

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &> N_u \\
 299037,6 \text{ kg} &> 23960,3 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

b. Batang diagonal (Tekan)



$P = 83026 \text{ kg (Tekan) Frame 2404}$

Profil yang dipakai : 2L 200 x 200 x 15

$H = 200 \text{ mm} \quad I_x = 4360 \text{ cm}^4$

$W = 90,67 \text{ kg/m} \quad I_y = 8601,58 \text{ cm}^4$

$A = 115,5 \text{ cm}^2 \quad i_x = 6,14 \text{ cm}$

$t_b = 15 \text{ mm} \quad i_y = 8,63 \text{ cm}$

$t_f = 15 \text{ mm} \quad S_x = 299,86 \text{ cm}^3$

$S_y = 417,55 \text{ cm}^3$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 15} = 6,67$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$L = 7846 \text{ mm}$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-send

$L_k = k_c \times L = 1 \times 7846 = 7846 \text{ mm}$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan

(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{7846}{61,4} = 127,8 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{7846}{86,3} = 90,92$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{127,8}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,8$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

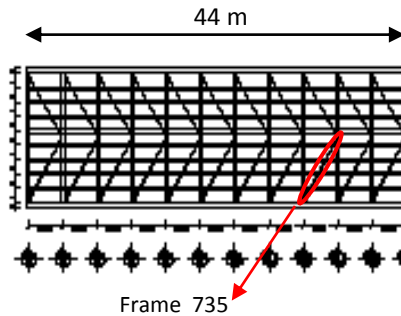
$$N_n = \frac{(0,88)}{1,8^2} \cdot 11550 \cdot 410 = 1228668 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$83026 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 122866,8$$

$$83026 \text{ kg} \leq 104436,8 \text{ kg} \quad \text{OK}$$



Gambar 7.12 Ikatan Angin Bawah Pada Bentang 44 m

a. Batang diagonal (Tekan)



$P = 54881 \text{ kg}$ (Tekan) Frame 735

Profil yang dipakai : 2L 175 x 175 x 15

$H = 175 \text{ mm}$ $I_x = 2880 \text{ cm}^4$

$W = 78,83 \text{ kg/m}$ $I_y = 5862,73 \text{ cm}^4$

$A = 100,42 \text{ cm}^2$ $i_x = 5,36 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 t_b &= 15 \quad \text{mm} & i_y &= 7,64 \quad \text{cm} \\
 t_f &= 15 \quad \text{mm} & S_x &= 227,67 \quad \text{cm}^3 \\
 S_y &= 323,91 \quad \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} = \frac{175}{2 \times 15} = 5,83$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 7846 \quad \text{mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7846 = 7846 \quad \text{mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{7846}{53,6} = 146,38 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{7846}{76,4} = 102,7$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{146,38}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 2,1$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

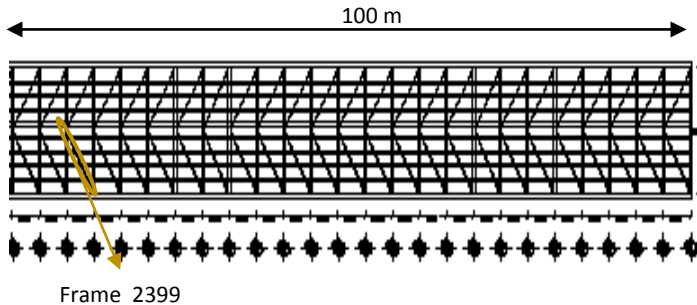
$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{2,1^2} \cdot 10042 \cdot 410 = 814077 \quad \text{N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$\begin{array}{rclcl}
 N_u & \leq & \phi \cdot N_n & & \\
 54881,47 \text{ kg} & \leq & 0,85 \cdot 81407,7 & & \\
 54881,47 \text{ kg} & \leq & 69196,6 \text{ kg} & \text{OK} &
 \end{array}$$



Gambar 7.13 Ikatan Angin Bawah Pada Bentang 100 m

a. Batang diagonal (Tekan)



$P = 64179 \text{ kg}$ (Tekan) Frame 2399

Profil yang dipakai : 2L 200 x 200 x 15

$H = 200 \text{ mm}$ $I_x = 4360 \text{ cm}^4$

$W = 90,67 \text{ kg/m}$ $I_y = 8601,58 \text{ cm}^4$

$A = 115,5 \text{ cm}^2$ $i_x = 6,14 \text{ cm}$

$t_b = 15 \text{ mm}$ $i_y = 8,63 \text{ cm}$

$t_f = 15 \text{ mm}$ $S_x = 299,86 \text{ cm}^3$

$S_y = 417,55 \text{ cm}^3$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} = \frac{200}{2 \times 15} = 6,7$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 7846 \text{ mm}$$

kc = 1, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = kc \times L = 1 \times 7846 = 7846 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{7846}{61,4} = 127,79 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{10612}{8,63} = 90,92$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{127,79}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,8$$

Untuk nilai $\lambda_c \geq 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = \frac{(0,88)}{1,8^2} \cdot 11550 \cdot 410 = 1228668 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

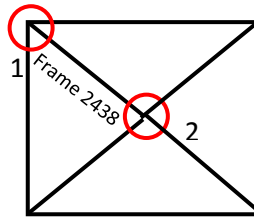
$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$64178,8 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 122866,8$$

$$64178,8 \text{ kg} \leq 104436 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

7.2.2 Sambungan

a. Sambungan Ikatan Angin Bawah Busur



Gambar 7.14 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 2438

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$$S_d = 23960,3 \text{ kg}$$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times m \times r_l \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Jumlah baut

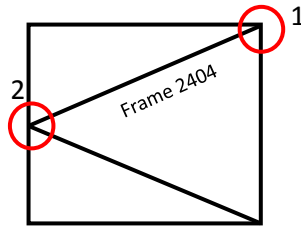
yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{23960,3 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 1,6 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 1,5 \text{ db} &= 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm} \\
 4\text{tp}+100 &= (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5\text{cm} \\
 \text{Jarak antar baut(S)} &= 2,5 \text{ db s/d } 15\text{tp atau } 200\text{mm} \\
 2,5 \text{ db} &= 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm} \\
 15\text{tp} &= 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 7.15 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 2404

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 83025,9 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana $= 2 \text{ cm}$
- T_b baut $= 145 \text{ kN}$

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \times m \times r_l \times f_u^b \times A_b \\
 &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\
 &= 14608 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\
 &= 14760 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{Ru}{\emptyset Rn} = \frac{83025,9 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 5,7 \rightarrow 6 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5\text{cm}$
 Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$

Tabel 7.4 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Bawah Busur

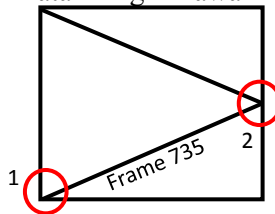
No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut				Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
				Kuat Geser		Kuat Tumpu			
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	20	2324	-51870.7	19478	14608	19680	14760	4	4
2	20	2325	36442.69	19478	14608	19680	14760	4	4
3	20	2326	-40416.2	19478	14608	19680	14760	4	4
4	20	2327	41229.85	19478	14608	19680	14760	4	4
5	20	2328	-37980.1	19478	14608	19680	14760	4	4
6	20	2329	38340.09	19478	14608	19680	14760	4	4
7	20	2330	-35633.5	19478	14608	19680	14760	4	4
8	20	2331	35952.28	19478	14608	19680	14760	4	4
9	20	2332	-33242.1	19478	14608	19680	14760	4	4
10	20	2333	33636.12	19478	14608	19680	14760	4	4
11	20	2334	-31114.7	19478	14608	19680	14760	4	4
12	20	2335	31683.43	19478	14608	19680	14760	4	4
13	20	2336	-29041.7	19478	14608	19680	14760	4	4
14	20	2337	29804.09	19478	14608	19680	14760	4	4
15	20	2338	-27011.5	19478	14608	19680	14760	4	4
16	20	2339	27980.26	19478	14608	19680	14760	4	4
17	20	2340	-25008.9	19478	14608	19680	14760	4	4
18	20	2341	26204.7	19478	14608	19680	14760	4	4
19	20	2342	-23017.3	19478	14608	19680	14760	4	4
20	20	2343	24494.64	19478	14608	19680	14760	4	4
21	20	2344	-21018.7	19478	14608	19680	14760	4	4
22	20	2345	22830.53	19478	14608	19680	14760	4	4
23	20	2346	-18996.9	19478	14608	19680	14760	4	4
24	20	2347	21234.33	19478	14608	19680	14760	4	4
25	20	2348	-16919.7	19478	14608	19680	14760	4	4
26	20	2349	19726.74	19478	14608	19680	14760	4	4

27	20	2350	-14748.6	19478	14608	19680	14760	4	4
28	20	2351	18353.81	19478	14608	19680	14760	4	4
29	20	2352	-12431.3	19478	14608	19680	14760	4	4
30	20	2353	17201.47	19478	14608	19680	14760	4	4
31	20	2442	-14690.5	19478	14608	19680	14760	4	4
32	20	2443	15315.32	19478	14608	19680	14760	4	4
33	20	2444	-11319.9	19478	14608	19680	14760	4	4
34	20	2445	14277.49	19478	14608	19680	14760	4	4
35	20	2446	-7862.79	19478	14608	19680	14760	4	4
36	20	2447	13457.62	19478	14608	19680	14760	4	4
37	20	2448	4811.21	19478	14608	19680	14760	4	4
38	20	2449	13160.31	19478	14608	19680	14760	4	4
39	20	2450	3620.16	19478	14608	19680	14760	4	4
40	20	2451	9807.82	19478	14608	19680	14760	4	4
41	20	2452	5234.09	19478	14608	19680	14760	4	4
42	20	2453	9335.4	19478	14608	19680	14760	4	4
43	20	2454	7383.58	19478	14608	19680	14760	4	4
44	20	2455	9399.81	19478	14608	19680	14760	4	4
45	20	2438	23960.31	19478	14608	19680	14760	4	4
46	20	2439	23957.6	19478	14608	19680	14760	4	4
47	20	2440	23760.57	19478	14608	19680	14760	4	4
48	20	2441	23760.61	19478	14608	19680	14760	4	4
49	20	2471	9468.93	19478	14608	19680	14760	4	4
50	20	2470	6986.07	19478	14608	19680	14760	4	4
51	20	2469	9348.85	19478	14608	19680	14760	4	4
52	20	2468	4782.39	19478	14608	19680	14760	4	4
53	20	2467	13091.25	19478	14608	19680	14760	4	4
54	20	2466	6380.55	19478	14608	19680	14760	4	4
55	20	2465	12876.01	19478	14608	19680	14760	4	4
56	20	2464	-5220.25	19478	14608	19680	14760	4	4
57	20	2463	13432.77	19478	14608	19680	14760	4	4
58	20	2462	-8868.94	19478	14608	19680	14760	4	4
59	20	2461	14389.74	19478	14608	19680	14760	4	4
60	20	2460	-12214	19478	14608	19680	14760	4	4
61	20	2459	15494.6	19478	14608	19680	14760	4	4
62	20	2458	-15539.4	19478	14608	19680	14760	4	4
63	20	2433	16918.62	19478	14608	19680	14760	4	4
64	20	2432	-13489.2	19478	14608	19680	14760	4	4
65	20	2431	18124.89	19478	14608	19680	14760	4	4
66	20	2430	-15766.5	19478	14608	19680	14760	4	4

67	20	2429	19452.11	19478	14608	19680	14760	4	4
68	20	2428	-17964.3	19478	14608	19680	14760	4	4
69	20	2427	21160.11	19478	14608	19680	14760	4	4
70	20	2426	-20055.2	19478	14608	19680	14760	4	4
71	20	2425	22501.15	19478	14608	19680	14760	4	4
72	20	2424	-22341.9	19478	14608	19680	14760	4	4
73	20	2423	23877.38	19478	14608	19680	14760	4	4
74	20	2422	-24670.7	19478	14608	19680	14760	4	4
75	20	2421	25226.98	19478	14608	19680	14760	4	4
76	20	2420	-27098.5	19478	14608	19680	14760	4	4
77	20	2419	26499.31	19478	14608	19680	14760	4	4
78	20	2418	-29695.1	19478	14608	19680	14760	4	4
79	20	2417	27639.11	19478	14608	19680	14760	4	4
80	20	2416	-32550.8	19478	14608	19680	14760	4	4
81	20	2415	29054.12	19478	14608	19680	14760	4	4
82	20	2414	-34807.8	19478	14608	19680	14760	4	4
83	20	2413	30019.51	19478	14608	19680	14760	4	4
84	20	2412	-38003.1	19478	14608	19680	14760	4	4
85	20	2411	30707.18	19478	14608	19680	14760	4	4
86	20	2410	-41628.8	19478	14608	19680	14760	4	4
87	20	2409	29972.83	19478	14608	19680	14760	4	4
88	20	2408	-51642.4	19478	14608	19680	14760	4	4
89	20	2407	28941.86	19478	14608	19680	14760	4	4
90	20	2406	-54719.4	19478	14608	19680	14760	4	4
91	20	2405	-36457.5	19478	14608	19680	14760	4	4
92	20	2404	-83025.9	19478	14608	19680	14760	6	6

Sumber: Analisa Perhitungan

b. Sambungan Ikatan Angin Bawah Pada Bentang 44 m



Gambar 7.16 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 735

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 54881,5 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times m \times r1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{54881,5 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 3,8 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = 1,5 db s/d (4 t_p +100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 \text{ db s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

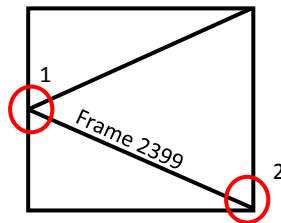
$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$$

Tabel 7.5 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Bawah (44m)

No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut					
				Kuat Geser		Kuat Tumpu		Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	20	68	57445.8	19478	14608	19680	14760	4	4
2	20	264	41948.0	19478	14608	19680	14760	4	4
3	20	293	51845.7	19478	14608	19680	14760	4	4
4	20	295	35889.5	19478	14608	19680	14760	4	4
5	20	296	48713.5	19478	14608	19680	14760	4	4
6	20	569	32139.6	19478	14608	19680	14760	4	4
7	20	677	38040.0	19478	14608	19680	14760	4	4
8	20	678	21916.4	19478	14608	19680	14760	4	4
9	20	726	32815.4	19478	14608	19680	14760	4	4
10	20	727	16093.2	19478	14608	19680	14760	4	4
11	20	728	26044.6	19478	14608	19680	14760	4	4
12	20	729	-11225.5	19478	14608	19680	14760	4	4
13	20	730	13489.9	19478	14608	19680	14760	4	4
14	20	731	-29089.9	19478	14608	19680	14760	4	4
15	20	732	-21331.6	19478	14608	19680	14760	4	4
16	20	733	-40799.3	19478	14608	19680	14760	4	4
17	20	734	-32743.1	19478	14608	19680	14760	4	4
18	20	735	-54881.5	19478	14608	19680	14760	4	4
19	20	736	-22801.5	19478	14608	19680	14760	4	4
20	20	737	-44248.3	19478	14608	19680	14760	4	4
21	20	738	-21428.4	19478	14608	19680	14760	4	4
22	20	739	-43892.9	19478	14608	19680	14760	4	4

Sumber: Analisa Perhitungan

c. Sambungan Ikatan Angin Bawah Pada Bentang 100 m



Gambar 7.17 Sambungan Ikatan Angin Bawah Frame 2399

Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

Sd = 64178,8 kg

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times m \times r_l \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{64178,8 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 4,4 \rightarrow 6 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S₁) = 1,5 d_b s/d (4 t_p + 100) atau 200 mm

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} +100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5\text{cm}$
 $\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 \text{ db s/d } 15tp \text{ atau } 200\text{mm}$
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 225 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ cm}$

Tabel 7.6 Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Bawah (100m)

No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut					
				Kuat Geser		Kuat Tumpu		Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	20	2354	58349.9	19478	14608	19680	14760	4	4
2	20	2355	80125.6	19478	14608	19680	14760	5	6
3	20	2356	37920.7	19478	14608	19680	14760	4	4
4	20	2357	44511.6	19478	14608	19680	14760	4	4
5	20	2358	39262.4	19478	14608	19680	14760	4	4
6	20	2359	43482.7	19478	14608	19680	14760	4	4
7	20	2360	37763.5	19478	14608	19680	14760	4	4
8	20	2361	39613.2	19478	14608	19680	14760	4	4
9	20	2362	37170.4	19478	14608	19680	14760	4	4
10	20	2363	36649.4	19478	14608	19680	14760	4	4
11	20	2364	34597.6	19478	14608	19680	14760	4	4
12	20	2365	31706.0	19478	14608	19680	14760	4	4
13	20	2366	32798.5	19478	14608	19680	14760	4	4
14	20	2367	27536.2	19478	14608	19680	14760	4	4
15	20	2368	29661.0	19478	14608	19680	14760	4	4
16	20	2369	23087.8	19478	14608	19680	14760	4	4
17	20	2370	27093.5	19478	14608	19680	14760	4	4
18	20	2371	19546.4	19478	14608	19680	14760	4	4
19	20	2372	30109.2	19478	14608	19680	14760	4	4
20	20	2373	21264.3	19478	14608	19680	14760	4	4
21	20	2374	25790.0	19478	14608	19680	14760	4	4
22	20	2375	16089.1	19478	14608	19680	14760	4	4
23	20	2376	21556.7	19478	14608	19680	14760	4	4
24	20	2377	11188.7	19478	14608	19680	14760	4	4
25	20	2378	20067.1	19478	14608	19680	14760	4	4
26	20	2379	8962.5	19478	14608	19680	14760	4	4
27	20	2380	15286.1	19478	14608	19680	14760	4	4
28	20	2381	-14031.1	19478	14608	19680	14760	4	4
29	20	2382	8905.8	19478	14608	19680	14760	4	4
30	20	2383	-23274.6	19478	14608	19680	14760	4	4
31	20	2384	-13815.9	19478	14608	19680	14760	4	4
32	20	2385	-29967.7	19478	14608	19680	14760	4	4
33	20	2386	-21219.1	19478	14608	19680	14760	4	4
34	20	2387	-39126.3	19478	14608	19680	14760	4	4
35	20	2388	-24626.5	19478	14608	19680	14760	4	4

36	20	2389	-43941.3	19478	14608	19680	14760	4	4
37	20	2390	-30099.8	19478	14608	19680	14760	4	4
38	20	2391	-51048.0	19478	14608	19680	14760	4	4
39	20	2392	-31517.8	19478	14608	19680	14760	4	4
40	20	2393	-53791.4	19478	14608	19680	14760	4	4
41	20	2394	-5496.2	19478	14608	19680	14760	4	4
42	20	2395	-59534.2	19478	14608	19680	14760	4	6
43	20	2396	-34697.9	19478	14608	19680	14760	4	4
44	20	2397	-60080.0	19478	14608	19680	14760	4	6
45	20	2398	-36841.2	19478	14608	19680	14760	4	4
46	20	2399	-64178.8	19478	14608	19680	14760	4	6
47	20	2400	-32564.7	19478	14608	19680	14760	4	4
48	20	2401	-61606.1	19478	14608	19680	14760	4	6
49	20	2402	-27977.7	19478	14608	19680	14760	4	4
50	20	2403	-58499.1	19478	14608	19680	14760	4	6

Sumber: Analisa Perhitungan

d. Kontrol Plat

Dipakai profil L 100 x 10

$$A = 10 \times 1 = 10 \text{ cm}^2$$

$$t = 1 \text{ cm}$$

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

Kontrol kekuatan leleh (Plat)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 10 = 22500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan patah (Baut)

$$\text{Asumsi } D \text{ baut} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ lubang} = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 1000 - (2 \times 22 \times 10) \\ &= 560 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 560 \text{ mm}^2 \\ &= 560 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 410 \times 560 \text{ mm}^2 \\ &= 17220 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi N_n (\text{Plat}) > \phi N_n (\text{Baut})$$

$$22500 \text{ kg} > 17220 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

e. Sambungan Plat Dengan Las

Las sudut

$$\text{Mutu logam pengisi } F_{E60xx} = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu plat, } f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan ukuran las:

$$\text{maks} = 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{min} = 5 \text{ mm (buku LRFD, Tabel 7.1)}$$

$$a = 7 \text{ mm (ukuran las yang digunakan)}$$

$$te = 5 \text{ mm (tebal efektif)}$$

$$\begin{aligned} \phi.R_n (\text{las}) &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E60xx} \times te \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4218 \times 0,5 \\ &= 899,1 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi.R_n (\text{bahan}) &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times te \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 0,5 \\ &= 874 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

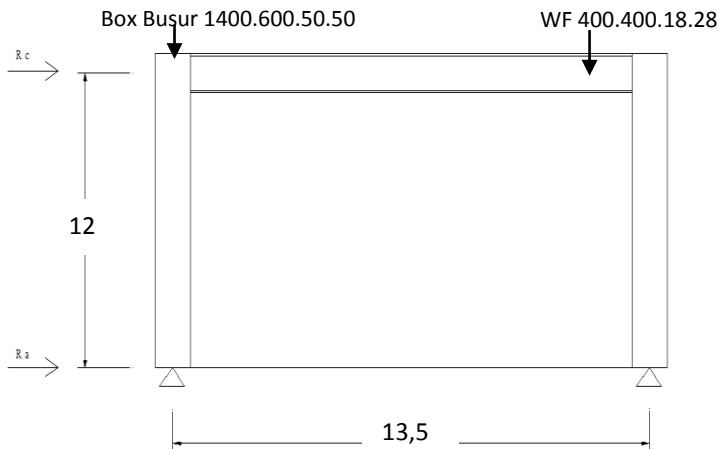
Panjang lasa yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} L_w &= P_u / \phi.R_n \\ &= 83025,9 / 874 \\ &= 95 \text{ cm} \end{aligned}$$

7.3. Portal Akhir

Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin atas ke tumpuan. Sebagai kolom pada portal akhir ini adalah busur itu sendiri dan sebagai baloknya digunakan profil WF pada bagian atasnya.

7.3.1. Portal Akhir Busur



Gambar 7.18 Portal Akhir Busur

a. Kolom Portal Akhir

Digunakan profil box 1400 x 600 x 50 x 50

$$h = 1400 \text{ mm} \quad I_x = 4565833 \text{ cm}^4$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad I_y = 1165833 \text{ cm}^4$$

$$W = 1491,5 \text{ kg/m} \quad i_x = 49 \text{ cm}$$

$$t_b = 50 \text{ mm} \quad i_y = 24,7 \text{ cm}$$

$$t_f = 50 \text{ mm} \quad S_x = 65226,19 \text{ cm}^3$$

$$A = 190000 \text{ mm}^2 \quad S_y = 38861,1 \text{ cm}^3$$

$$J = 2985038 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 82750 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 44750 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ EN 10025 : } f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 335 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

Beban yang bekerja pada kolom

$$P_u = -1102588,58 \text{ kg}$$

$$V_u = -133921,7 \text{ kg}$$

$$M_u = 1606539,13 \text{ kgm}$$

Panjang tekuk:

$$L = 12000 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 12000 = 12000 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{12000}{490} = 24,49 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{12000}{247} = 48,58 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{48,58}{\pi} \times \sqrt{\frac{335}{2 \times 10^5}} = 0,6$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,6^2}) \cdot 190000 \cdot 335 = 53890504,8 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1102588,58 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 5389050,4$$

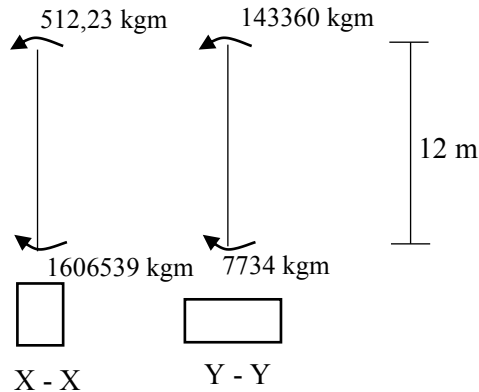
$$1102588,58 \text{ kg} \leq 4580692,9 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Kontrol tekan – lentur

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{1102588,58}{4580692,9} = 0,24 > 0,2$$

Dipakai rumus interaksi 1

- Kontrol lentur



Gambar 7.19 Model Mekanika Kolom Portal Akhir Busur

Sumbu X:

$$Cm_x = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} = 0,6 - 0,4 \frac{512,23}{16065,39} = 0,6$$

$$Ncrb_x = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda_x^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 190000}{599,75} = 62533539 \text{ kg}$$

$$\zeta b_x = \frac{Cm_x}{1 - \left(\frac{Nu}{Ncrb_x} \right)} = \frac{0,6}{1 - \left(\frac{1102588,58}{62533539,3} \right)} = 0,6 < 1$$

$$Mu_x = \zeta b_x \times Mnt_x = 1 \times 1606539 = 1606539 \text{ kgm}$$

Sumbu Y:

$$Cm_y = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} = 0,6 - 0,4 \frac{7734}{142259,8} = 0,6$$

$$Ncrb_y = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 190000}{2360,31} = 15889666 \text{ kg}$$

$$\Sigma b_y = \frac{C_{mx}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crby}} \right)} = \frac{0,6}{1 - \left(\frac{1102588,58}{15889666} \right)} = 0,6 < 1$$

$$M_{u_y} = \zeta_{b_y} \times M_{nt_y} = 1 \times 143359,8 = 143359,8 \text{ kgm}$$

- Kontrol tekuk lokal

Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \times 50} = 6$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{335}} = 27,3$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{335}} = 34,15$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{1400}{50} = 28$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{335}} = 91,79$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{335}} = 139,32$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_{px} = M_{nx} &= Z_x \times f_y = 2750000 \times 335 \\ &= 27721250000 \text{ Nmm} = 27721 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} = M_{ny} &= Z_y \times f_y = 44750000 \times 335 \\ &= 14991250000 \text{ Nmm} = 14991 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Rumus Interaksi 1

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,00$$

$$0,24 + \frac{8}{9} \left(\frac{1606539}{0,9 \times 27721} + \frac{143360}{0,9 \times 14991} \right)$$

$$0,9 \leq 1,00 \rightarrow \text{OK}$$

- b. Balok Portal Akhir

Digunakan profil WF 400 x 400 x 14 x 28

$$h = 414 \text{ mm} \quad I_x = 92800 \text{ cm}^4$$

$$b = 405 \text{ mm} \quad I_y = 31000 \text{ cm}^4$$

$$W = 232 \text{ kg/m} \quad i_x = 17,7 \text{ cm}$$

$$t_b = 18 \text{ mm} \quad i_y = 10,2 \text{ cm}$$

$$t_f = 28 \text{ mm} \quad S_x = 4480 \text{ cm}^3$$

$$A = 295,4 \text{ cm}^2 \quad S_y = 1530 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 2325 \text{ cm}^3 \quad Z_x = 4959 \text{ cm}^3$$

$$BJ 55 \quad : \quad f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$F_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

Beban yang bekerja pada balok

$$P_u = 8077,69 \text{ kg}$$

$$V_u = -24259,3 \text{ kg}$$

$$M_u = -153868,78 \text{ kgm}$$

- Kontrol tekuk lokal

Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{405}{2 \times 28} = 7,23$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y} - f_r} = \frac{370}{\sqrt{410} - 70} = 20,07$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{414}{18} = 17,4$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 4959000 \times 410 \\ &= 2031140000 \text{ Nmm} = 2031,1 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll} \mu_u & < \phi M_n \\ 1538,7 \text{ kNm} & < 0,9 \times 2031,1 \text{ kNm} \\ 1538,7 \text{ kNm} & < 1828 \text{ kNm} \quad \text{OK} \end{array}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L = 6750 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 10,2 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 3964,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$J = \frac{1}{3} \times (2 \times b \times t_f^3 + d \times t_w^3) = 6483024 \text{ mm}^4$$

$$C_w = \frac{1}{12} \times t_f \times b f^3 \times \frac{(\sqrt{h t} + t_f)^2}{2} = 6,34 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

$$G = 80.000 \text{ Mpa}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} = 27448 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 0,0000061 \text{ mm}^4/\text{N}^2$$

$$\begin{aligned}
 L_R &= i_y \left(\frac{x_1}{f_L} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_L^2}} \\
 &= 10,2 \left(\frac{27448}{340} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,000006 \cdot (340)^2}} \\
 &= 12504 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$L_r \geq L \geq L_p \rightarrow$ Bentang menengah

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$M_{\max} = 153869 \text{ kNm}$$

$$M_a = 38467 \text{ kNm}$$

$$M_b = 76934 \text{ kNm}$$

$$M_c = 115402 \text{ kNm}$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = 1523,2 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5(153869)}{2,5(153869) + 3(38467) + 4(76934) + 3(115402)} \\
 &= 1,67 < 2,3 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \\
 &= 1,6 \left[1523,2 + (2031 - 1523) \frac{(12,5 - 6,75)}{(12,5 - 4)} \right] \\
 &= 3109,13 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas momen :

$$\phi M_n = 0,90 \times 3109,13 \text{ kNm}$$

$$= 2798 \text{ kNm} > M_u = 1538,7 \text{ kNm}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{414}{18} = 17,4$$

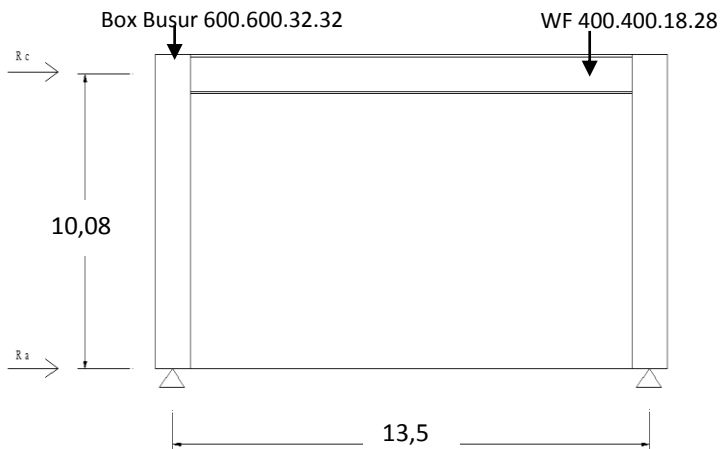
$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 8,01$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{8,01 \frac{27,9 \times 2 \times 10^5}{410}} = 68,74$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times (41,4 \times 1,8) \\ &= 1649 \text{ kN} \\ &= 1649 \text{ kN} \geq 243 \text{ kN}\end{aligned}$$

7.3.2. Portal Akhir Rangka



Gambar 7.20 Portal Akhir Rangka

a. Kolom Portal Akhir

Digunakan profil box 600 x 600 x 32 x 32

$h = 600$	mm	$I_x = 392175,1$	cm ⁴
$b = 600$	mm	$I_y = 392175,1$	cm ⁴
$W = 571$	kg/m	$i_x = 23,23$	cm
$t_b = 32$	mm	$i_y = 23,23$	cm
$t_f = 32$	mm	$S_x = 13072,5$	cm ³
$A = 72704$	mm ²	$S_y = 13072,5$	cm ³
$J = 603709,6$	cm ⁴	$Z_x = 15502,3$	cm ³
$Z_y = 15502,3$	cm ³		

$$\begin{aligned}\text{BJ EN 10025 : } f_u &= 550 \text{ MPa} \\ f_y &= 345 \text{ MPa} \\ E &= 200000 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Beban yang bekerja pada kolom

$$P_u = -1063451,03 \text{ kg}$$

$$V_u = 12253,71 \text{ kg}$$

$$M_u = -121315,16 \text{ kgm}$$

Panjang tekuk:

$$L = 10080 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10080 = 10080 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{10080}{232,3} = 43,39 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{10080}{232,3} = 43,39 < 140 \text{ OK}$$

$$\lambda_y = \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{43,39}{\pi} \times \sqrt{\frac{355}{2 \times 10^5}} = 0,6$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,6^2}) \cdot 72704 \cdot 345 = 21877187,1 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

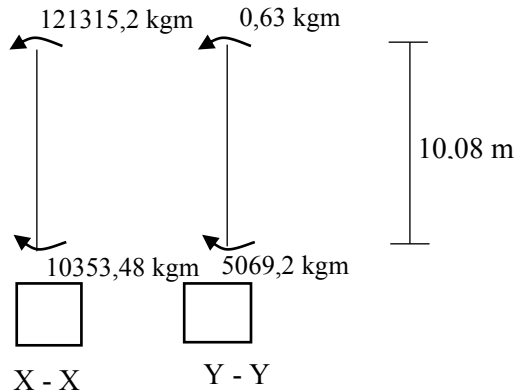
$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1063451,03 \text{ kg} \leq 0,85 \cdot 2187718,7$$

$$1063451,03 \text{ kg} \leq 1859560,9 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Kontrol tekan – lentur

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{1063451,03}{1859560,9} = 0,57 > 0,2$$
 Dipakai rumus interaksi 1
- Kontrol lentur



Gambar 7.21 Model Mekanika Kolom Portal Akhir Rangka

Sumbu X:

$$C_{m_x} = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} = 0,6 - 0,4 \frac{10353,5}{121315,16} = 0,6$$

$$N_{crb_x} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda_x^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 72704}{1882,88} = 7621938 \text{ kg}$$

$$\zeta_{b_x} = \frac{C_{m_x}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crb_x}} \right)} = \frac{0,6}{1 - \left(\frac{1063451,03}{7621937,83} \right)} = 0,7 < 1$$

$$M_{u_x} = \zeta_{b_x} \times M_{nt_x} = 1 \times 121315,16 = 121315,16 \text{ kgm}$$

Sumbu Y:

$$C_{m_y} = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} = 0,6 - 0,4 \frac{0,63}{50694,16} = 0,6$$

$$N_{crb_y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 72704}{1882,88} = 7621938 \text{ kg}$$

$$\Sigma b_y = \frac{C_{mx}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crb_y}} \right)} = \frac{0,6}{1 - \left(\frac{1063451,03}{7621937,83} \right)} = 0,6 < 1$$

$$M_{u_y} = \zeta b_y \times M_{nt_y} = 1 \times 50694,16 = 50694,16 \text{ kgm}$$

- Kontrol tekuk lokal
Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \times 32} = 9,38$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,9$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{600}{32} = 18,75$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90,45$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{345}} = 137,29$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$M_{px} = M_{nx} = Z_x \times f_y = 15502000 \times 345 = 5348307300 \text{ Nmm} = 5348 \text{ kNm}$$

$$M_{py} = M_{ny} = Z_y \times f_y = 15502000 \times 345 = 5348307300 \text{ Nmm} = 5348 \text{ kNm}$$

- Rumus Interaksi 1

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,00$$

$$0,57 + \frac{8}{9} \left(\frac{121315}{0,9 \times 5348} + \frac{50694}{0,9 \times 5248} \right)$$

$$0,89 \leq 1,00 \rightarrow \text{OK}$$

c. Balok Portal Akhir

Digunakan profil WF 400 x 400 x 14 x 28

h = 414	mm	I _x = 92800	cm ⁴
b = 405	mm	I _y = 31000	cm ⁴
W = 232	kg/m	i _x = 17,7	cm
t _b = 18	mm	i _y = 10,2	cm
t _f = 28	mm	S _x = 4480	cm ³
A = 295,4	cm ²	S _y = 1530	cm ³
Z _y = 2325	cm ³	Z _x = 4959	cm ³
BJ 55	:	f _u = 550	MPa
		F _y = 410	MPa
		E = 200000	MPa

Beban yang bekerja pada balok

$$P_u = 1966,35 \text{ kg}$$

$$V_u = -22461,04 \text{ kg}$$

$$M_u = -143241,48 \text{ kgm}$$

- Kontrol tekuk lokal

Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{405}{2 \times 28} = 7,23$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 20,07$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{414}{18} = 17,4$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 4959000 \times 410 \\ = 2031140000 \text{ Nmm} = 2031,1 \text{ kNm}$$

$$M_u < \phi M_n$$

$$1432,4 \text{ kNm} < 0,9 \times 2031,1 \text{ kNm}$$

$$1432,4 \text{ kNm} < 1828 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L = 6750 \text{ m}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 10,2 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 3964,9 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3} \times (2 \times b \times t_f^3 + d \times t_w^3) = 6483024 \text{ mm}^4$$

$$C_w = \frac{1}{12} \times t_f \times b f^3 \times \frac{(\sqrt{h t_f})^2}{2} = 6,34 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

$$G = 80.000 \text{ Mpa}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} = 27448 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 0,0000061 \text{ mm}^4/\text{N}^2$$

$$\begin{aligned}
 L_R &= i_y \left(\frac{x_1}{f_L} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_L^2}} \\
 &= 10,2 \left(\frac{27448}{340} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,000006 \cdot (340)^2}} \\
 &= 12504 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$L_r \geq L \geq L_p \rightarrow$ Bentang menengah

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$M_{\max} = 143214 \text{ kNm}$$

$$M_a = 35810 \text{ kNm}$$

$$M_b = 71621 \text{ kNm}$$

$$M_c = 107431 \text{ kNm}$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = 1523,2 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5(143214)}{2,5(143214) + 3(35810) + 4(71621) + 3(107431)} \\
 &= 1,67 < 2,3 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \\
 &= 1,6 \left[1523,2 + (2031 - 1523) \frac{(12,5 - 6,75)}{(12,5 - 4)} \right] \\
 &= 3109,13 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas momen :

$$\phi M_n = 0,90 \times 3109,13 \text{ kNm}$$

$$= 2798 \text{ kNm} > M_u = 1432,4 \text{ kNm}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{414}{18} = 17,4$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 8,01$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n x E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{8,01 \frac{27,9 \times 2 \times 10^5}{410}} = 68,74$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times 0,6 \times fy \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times (41,4 \times 1,8) \\ &= 1649 \text{ kN} \\ &= 1649 \text{ kN} \geq 225 \text{ kN}\end{aligned}$$

7.4. Perhitungan Sambungan

Sambungan menggunakan baut mutu tinggi tipe gesek yang perencanaannya berdasarkan AISC-LRFD

- Kekuatan geser baut (LRFD 13.2.2.1)

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

Keterangan :

μ = koefisien gesek yang ditentukan (=0,35)

ϕ = lubang baut standar (=1)

m = jumlah bidang geser

T_b = tegangan tarik baut

7.4.1. Sambungan Balok Memanjang Dengan Melintang

- Data Perencanaan:

1. Profil balok memanjang WF 500 x 200 x 9 x 16
2. Profil balok melintang WF 1000 x 450 x 16 x 38
3. Pelat penyambung $t = 10 \text{ mm}$; BJ 37
4. D baut = 2 cm ; $T_b = 145 \text{ kN}$
5. D lubang = 2 cm + 0,2 = 2,2 cm

- Sambungan pada balok memanjang

1. Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 145 \\ &= 114,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang. $V_u = 263,3 \text{ kN}$
3. Jumlah baut

$$\begin{aligned}
 n &= V_u/V_d \\
 &= 263,3/114,7 \\
 &= 2,3 \rightarrow 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

4. Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm}$$

S_1 digunakan = 5cm

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

S digunakan = 10cm

- Sambungan pada balok melintang

1. Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}
 V_d &= \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 145 \\
 &= 114,7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.

$$V_u = 263,3 \text{ kN}$$

3. Jumlah baut

$$\begin{aligned}
 n &= V_u/V_d \\
 &= 263,3/114,7 \\
 &= 2,3 \rightarrow 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm}$$

S_1 digunakan = 5cm

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

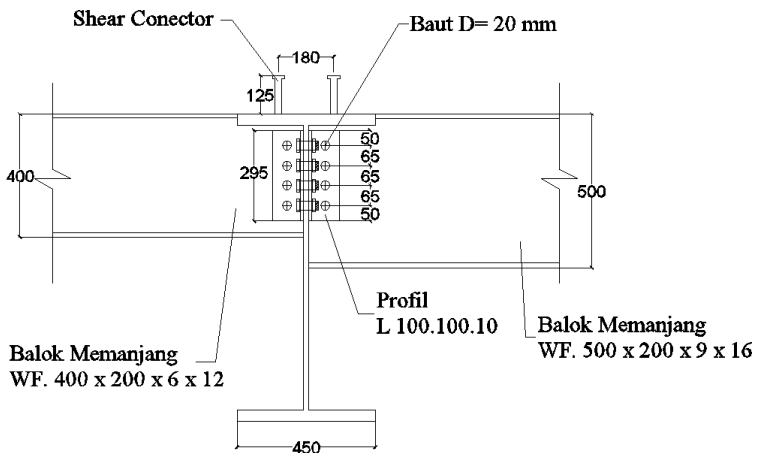
S digunakan = 10cm

- Kontrol plat siku
 - Dipakai profil L 100 x 100 x 10
 - $A = 19 \text{ cm}^2$
 - $t = 1 \text{ cm}$
 - Luas geser plat siku

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 19 - (4 \times 2,2 \times 1) \\ &= 10,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
 - Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 3700 \times 10,2 \\ &= 283,05 \text{ kN} \end{aligned}$$
 - Karena 2 siku maka:

$$\begin{aligned} 2 \cdot \phi \cdot N_n &> V_u \\ 2 \cdot 283,05 \text{ kN} &> 263,3 \text{ kN} \\ 566,1 \text{ kN} &> 263,3 \text{ kN} \quad \text{OK} \end{aligned}$$



Gambar 7. 22 Sambungan Balok Memanjang Dengan Melintang
 7.4.2. Sambungan Balok Melintang Dengan Busur Box

- Data Perencanaan:
 1. Profil busur box 800 x 600 x 10 x 10
 2. Profil balok melintang WF 1000 x 450 x 16 x 38

3. Pelat penyambung $t = 15 \text{ mm}$; BJ 37
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Sambungan pada balok melintang
 1. Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 335$$

$$= 132,49 \text{ kN}$$
 2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar melintang dengan busur .
 $V_u = 1112,67 \text{ kN}$
 3. Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 1112,67 / 132,49$$

$$= 8,4 \rightarrow 10 \text{ buah}$$
 - Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 15 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

S_1 digunakan = 6.5cm

Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 15 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$$

S digunakan = 10cm
 - Kontrol plat siku
 - Dipakai profil L 150 x 150 x 15
 - $A = 42,74 \text{ cm}^2$
 - $t = 1,5 \text{ cm}$
 - Luas geser plat siku

$$A_{nv} = A_g - (n \times D \times t_f)$$

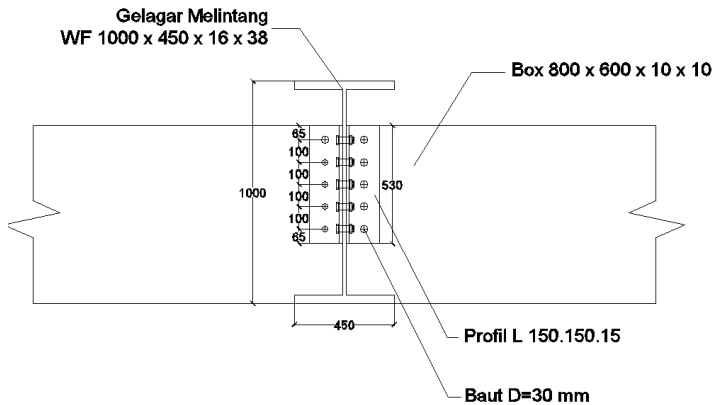
$$= 19 - (3 \times 3,2 \times 1,5)$$

$$= 18,74 \text{ cm}^2$$
 - Kuat rencana

$$\phi N_n = \phi \times f_u \times A_{nv}$$

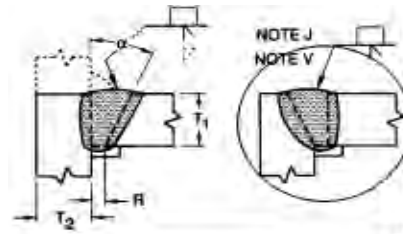
$$= 0,75 \times 4100 \times 18,74 = 576,26 \text{ kN}$$

- Karena 2 siku maka:
- | | | | |
|-----------------------------|-----|---------------------|----|
| $2 \cdot \phi \cdot N_n$ | $>$ | V_u | |
| $2 \cdot 576,26 \text{ kN}$ | $>$ | $1112,7 \text{ kN}$ | |
| $1152,51 \text{ kN}$ | $>$ | $1112,7 \text{ kN}$ | OK |



Gambar 7. 23 Sambungan Balok Melintang Dengan Busur Box

7.4.3. Sambungan Las Pada Box



Gambar 7. 24 Detail Sambungan Las Box

Sambungan box menggunakan tipe sambungan pojok (Corner Joint) dengan bantuan las tumpul penetrasi penuh. Sambungan las akan dikontrol tahanan nominal nya terhadap gaya dalam yang terjadi. Berdasarkan AISC-LRFD hal 8-141.

Detail Rumus Perhitungan:

1. Panjang efektif = Total panjang yang di las

2. Tebal las = AISC-LRFD hal 140-141
3. Luas efektif = panjang efektif x tebal las
4. Mutu las (F_{E60xx}) = $60 \times 70,3 = 4218 \text{ kg/cm}^2$
5. Mutu baja box (EN 10025)
 - $t \leq 16$ $f_y = 355 \text{ MPa}$
 - $16 \leq t \leq 40$ $f_y = 345 \text{ MPa}$
 - $40 \leq t \leq 63$ $f_y = 335 \text{ MPa}$
6. Dibebani gaya tarik dan tekan
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = $0,9 \times \text{luas efektif} \times f_y$
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = $0,9 \times \text{luas efektif} \times f_{uw}$
7. Dibebani gaya geser
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = $0,9 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_y$
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = $0,8 \times \text{luas efektif} \times 0,6 \times f_{uw}$

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- Profil Box 600x600x10x10
 - $L = 11050 \text{ mm}$
 - $R_u = 346432,8 \text{ kg}$
 - Tebal las = 10 mm
 - Luas efektif = 110500 mm^2
 - Dibebani gaya tarik dan tekan
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = 3530475 kg \geq R_u OK
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = 4194801 kg \geq R_u OK
 - Dibebani gaya geser
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = 2118285 kg \geq R_u OK
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = 2237227 kg \geq R_u OK
- Profil Box 600x600x25x25
 - $L = 12649 \text{ mm}$
 - $R_u = 1127002,4 \text{ kg}$
 - Tebal las = 25 mm
 - Luas efektif = 316225 mm^2
 - Dibebani gaya tarik dan tekan
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = 10103389 kg \geq R_u OK
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = 12004533 kg \geq R_u OK
 - Dibebani gaya geser

Ø.Rnw (bahan dasar) = 6062033 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 6402418 kg	≥	Ru	OK
• Profil Box 800x600x10x10			
L = 4000 mm			
Ru = 447893,1 kg			
Tebal las = 10 mm			
Luas efektif = 36000 mm ²			
Dibebani gaya tarik dan tekan			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 1150200 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 1366632 kg	≥	Ru	OK
Dibebani gaya geser			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 690120 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 728870 kg	≥	Ru	OK
• Profil Box 800x600x50x50			
L = 4000 mm			
Ru = 2018973,2 kg			
Tebal las = 50 mm			
Luas efektif = 200000 mm ²			
Dibebani gaya tarik dan tekan			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 6390000 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 7592400 kg	≥	Ru	OK
Dibebani gaya geser			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 3834000 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 4049280 kg	≥	Ru	OK
• Profil Box 900x600x10x10			
L = 4111 mm			
Ru = 576843 kg			
Tebal las = 10 mm			
Luas efektif = 41110 mm ²			
Dibebani gaya tarik dan tekan			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 1313465 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 1560018 kg	≥	Ru	OK
Dibebani gaya geser			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 788078,7 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 832329,5 kg	≥	Ru	OK

- Profil Box 900x600x18x18
 $L = 4111 \text{ mm}$
 $Ru = 1343461,6 \text{ kg}$
 $\text{Tebal las} = 18 \text{ mm}$
 $\text{Luas efektif} = 52316,59 \text{ mm}^2$
 Dibebani gaya tarik dan tekan
 $\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 2364236 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 $\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 2809112 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 Dibebani gaya geser
 $\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 1418542 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 $\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 1498193 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
- Profil Box 900x600x20x20
 $L = 6209 \text{ mm}$
 $Ru = 14883 \text{ kg}$
 $\text{Tebal las} = 20 \text{ mm}$
 $\text{Luas efektif} = 124180 \text{ mm}^2$
 Dibebani gaya tarik dan tekan
 $\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 3967551 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 $\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 4714121 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 Dibebani gaya geser
 $\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 2380531 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 $\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 2514198 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
- Profil Box 900x600x26x26
 $L = 6000 \text{ mm}$
 $Ru = 1807493,6 \text{ kg}$
 $\text{Tebal las} = 26 \text{ mm}$
 $\text{Luas efektif} = 156000 \text{ mm}^2$
 Dibebani gaya tarik dan tekan
 $\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 4984200 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 $\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 5922072 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 Dibebani gaya geser
 $\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 2990520 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
 $\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 3158438 \text{ kg} \quad \geq \quad Ru \quad \text{OK}$
- Profil Box 900x600x50x50
 $L = 6209 \text{ mm}$

$R_u = 3548930,2 \text{ kg}$

Tebal las = 50 mm

Luas efektif = 310450 mm^2

Dibebani gaya tarik dan tekan

$\emptyset.R_{nw}$ (bahan dasar) = 9918878 kg \geq R_u OK

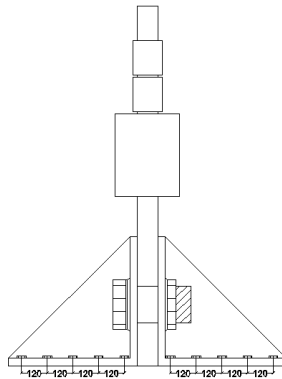
$\emptyset.R_{nw}$ (las) = 11785303 kg \geq R_u OK

Dibebani gaya geser

$\emptyset.R_{nw}$ (bahan dasar) = 5951327 kg \geq R_u OK

$\emptyset.R_{nw}$ (las) = 6285495 kg \geq R_u OK

7.4.4. Sambungan Batang Penggantung Dengan Box



Gambar 7. 25 Sambungan Kabel

Profil kabel yang dipakai adalah Galvanized structural strand dengan $D = 95,3 \text{ mm}$, system sambungannya menggunakan closed bridge sockets yang ditahan plat sambung. Gaya tarik aksial max yang diterima penggantung :

$T = 4561,2 \text{ kN}$

- Perencanaan:

- Pelat BJ 50 $F_y = 290 \text{ Mpa}$
 $F_u = 500 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 3 cm
- T_b baut = 335 kN

- Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 335 \\ &= 132,49 \text{ kN}\end{aligned}$$

2. Jumlah baut

yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{4561,2 \text{ kg}}{132,5 \text{ kg}} = 34,4 \rightarrow 36 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 25 \text{ mm} + 100) = 200 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ cm}$$

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 25 \text{ mm} = 375 \text{ mm} \rightarrow 12 \text{ cm}$$

- Kontrol plat siku

- Dipakai profil L 600 x 25

$$A_g = 150 \text{ cm}^2$$

$$T = 2,5 \text{ cm}$$

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

$$d_{\text{socket}} = 17,3 \text{ cm}$$

$$A_{\text{socket}} = 43,25 \text{ cm}^2$$

- Luas geser plat siku

$$A_{nv} = A_g - (n \times D \times t_f) - A_{\text{socket}}$$

$$= 150 - (2 \times 3,2 \times 2,5) - 43,25$$

$$= 90,75 \text{ cm}^2$$

- Kuat rencana

$$\phi N_n = \phi \times f_u \times A_{nv}$$

$$= 0,75 \times 410 \times 90,75$$

$$= 2790,6 \text{ kN}$$

- Karena 2 siku maka:

$$2 \cdot \phi \cdot N_n > V_u$$

$$2 \cdot 2790,6 \text{ kN} > 4561,2 \text{ kN}$$

$$5581,1 \text{ kN} > 4561,2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

7.4.5. Sambungan Pada Jembatan Busur Bentang 210 m

7.4.5.1. Sambungan Busur Batang Atas

- Data Perencanaan:
 1. Profil tengah busur box 900 x 600 x 26 x 26
 2. Profil tepi busur box 900 x 600 x 18 x 18
 3. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 $V_u = 18074,93 \text{ kN}$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 18074,93 / 265$$

$$= 68,2 \rightarrow 70 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

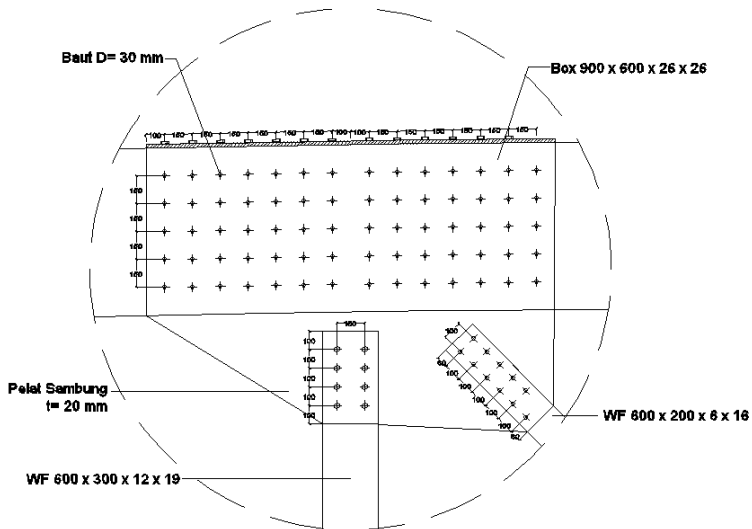
S_1 digunakan = 10 cm

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

S digunakan = 15cm



Gambar 7.26 Sambungan Busur Batang Atas

7.4.5.2. Sambungan Busur Batang Bawah

- Data Perencanaan:
 1. Profil tengah busur box 900 x 600 x 20 x 20
 2. Profil tepi busur box 900 x 600 x 50 x 50
 3. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 4. $D \text{ baut} = 3 \text{ cm}$; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. $D \text{ lubang} = 3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

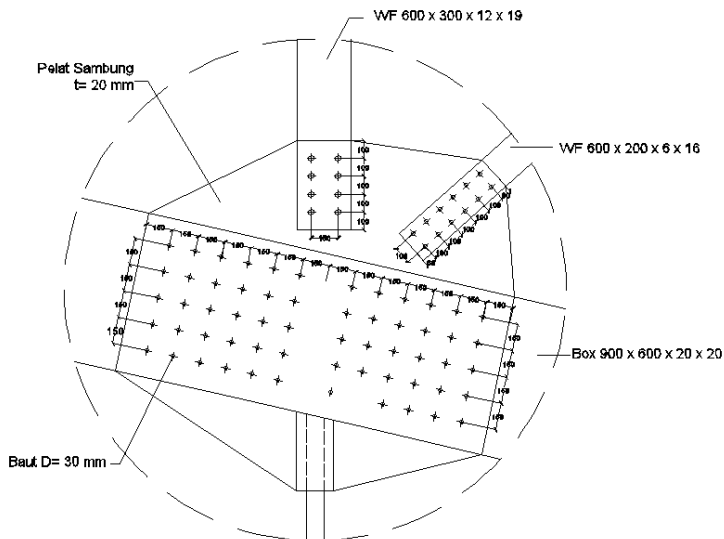
$$V_u = 35489,3 \text{ kN}$$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 35489,3 / 265$$

$$= 133,9 \rightarrow 135 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 6 cm
 Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 10cm



Gambar 7.27 Sambungan Busu Batang Bawah

7.4.5.3. Sambungan Busur Batang Tegak

- Data Perencanaan:
 1. Profil tengah busur WF 600 x 300 x 12 x 19
 2. Profil tepi busur box 600 x 600 x 10 x 10
 3. Pelat penyambung t = 20 mm ; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; Tb = 335 kN

5. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
 - Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 1902,1 \text{ kN (Tengah)}$$

$$V_u = 3464,3 \text{ kN (Tepi)}$$
 - Jumlah baut

$n = V_u / V_d$ $= 1902,1 / 265$ $= 7,16 \rightarrow 8 \text{ buah}$	$n = V_u / V_d$ $= 3464,3 / 265$ $= 14 \rightarrow 16 \text{ buah}$
--	---
 - Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

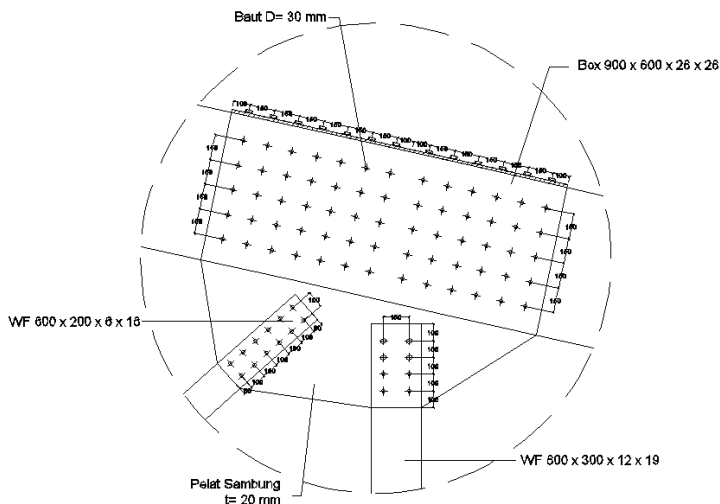
$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$
 S1(tengah) digunakan = 10 cm
 S1(tepi) digunakan = 6 cm
 Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$
 S (tengah) digunakan = 10cm
 S (tepi) digunakan = 10cm

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 6 cm
 Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 10cm



Gambar 7.29 Sambunga Busur Batang Tegak

7.4.5.5. Sambungan Busur Batang Tarik

- Data Perencanaan:
 1. Profil tengah busur box 800 x 600 x 10 x 10
 2. Profil tepi busur box 800 x 600 x 10 x 10
 3. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. D lubang = $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

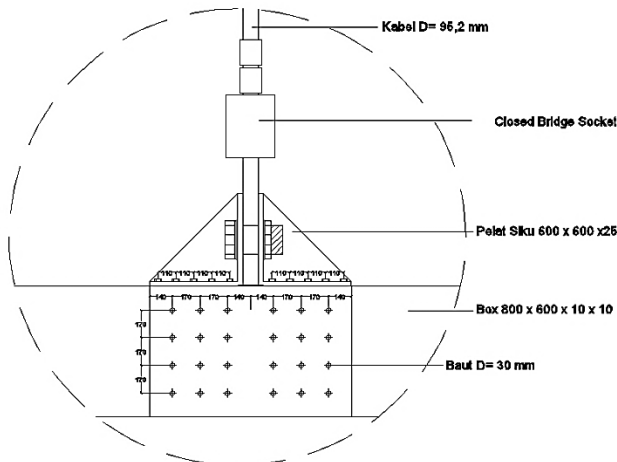
$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 $V_u = 2158,93 \text{ kN}$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 2158,93 / 265$$

$$= 8,15 \rightarrow 12 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi (S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4\text{tp}+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 $S_1 \text{ digunakan} = 14 \text{ cm}$
 Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15\text{tp} = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 $S \text{ digunakan} = 17 \text{ cm}$



Gambar 7.30 Sambungan Busur Batang Tarik

Tabel 7.7 Rekapitulasi Jumlah Baut Jembatan Busur

Batang	Gaya Terjadi (kN)	Kekuatan 1 Baut (kN)	P / Vd	Jumlah Baut Dibutuhkan (n)
119	3239.03	264.99	12.22	14
120	2212.34	264.99	8.35	10
121	1424.43	264.99	5.38	6
122	-1628.15	264.99	6.14	8
123	-2758.56	264.99	10.41	12
124	-3891.81	264.99	14.69	16
125	-5015.99	264.99	18.93	20
126	-6134.46	264.99	23.15	24
127	-7250.07	264.99	27.36	28
128	-8369.38	264.99	31.58	32
129	-9446.69	264.99	35.65	36
130	-10433.19	264.99	39.37	40
131	-11392.45	264.99	42.99	44
132	-12328.19	264.99	46.52	48
133	-13434.6	264.99	50.70	52
149	-14703.04	264.99	55.49	56
150	-15825.74	264.99	59.72	60
151	-16300.16	264.99	61.51	62
152	-16856.48	264.99	63.61	64
153	-17271.903	264.99	65.18	66
154	-17866.06	264.99	67.42	68
155	-18074.93	264.99	68.21	70
156	17467.14	264.99	65.92	66
157	-17759.5	264.99	67.02	68
158	-17562.27	264.99	66.28	68
159	-16818.74	264.99	63.47	64
160	-16224.506	264.99	61.23	62
161	-15451.5	264.99	58.31	60
162	-14740.8	264.99	55.63	56
163	-13386.506	264.99	50.52	52
134	-11735.72	264.99	44.29	46
135	-10690.37	264.99	40.34	42
136	-9626.78	264.99	36.33	38
137	-8545.717	264.99	32.25	34
138	-7444.53	264.99	28.09	30
139	-6325.009	264.99	23.87	24
140	-5193.2	264.99	19.60	20
141	-4074.28	264.99	15.38	16
142	-2964.12	264.99	11.19	12
143	-1856.15	264.99	7.00	8

144	1896.65	264.99	7.16	8
145	2807.478	264.99	10.59	12
146	3508.75	264.99	13.24	14
147	4753.212	264.99	17.94	18
148	5891.86	264.99	22.23	24
2472	-32884.96	264.99	124.10	126
2473	-31513.97	264.99	118.93	120
2474	-30089.55	264.99	113.55	114
2475	-29006.52	264.99	109.46	110
2476	-27583.5	264.99	104.09	106
2477	-26242.67	264.99	99.03	100
2478	-24914.57	264.99	94.02	96
2479	-23604.59	264.99	89.08	90
2480	-22305.66	264.99	84.18	86
2481	-21006.75	264.99	79.28	80
2482	-19706.65	264.99	74.37	76
2483	-18489.19	264.99	69.77	70
2484	-17299.27	264.99	65.28	66
2485	-16128.89	264.99	60.87	62
2486	-14979.099	264.99	56.53	58
2487	-13816	264.99	52.14	54
2503	-12020.86	264.99	45.36	46
2504	-10648.68	264.99	40.19	42
2505	-9817.49	264.99	37.05	38
2506	-8930.54	264.99	33.70	34
2507	-8332.85	264.99	31.45	32
2508	-7640.63	264.99	28.83	30
2509	-7454.515	264.99	28.13	30
2510	-8158.1	264.99	30.79	32
2511	-9125.14	264.99	34.44	36
2512	-9932.45	264.99	37.48	38
2513	-10935.97	264.99	41.27	42
2514	-11799.97	264.99	44.53	46
2515	-13175.805	264.99	49.72	50
2516	-14883.54	264.99	56.17	58
2517	-16082	264.99	60.69	62
2502	-17269.43	264.99	65.17	66
2501	-18477.9	264.99	69.73	70
2500	-19715.18	264.99	74.40	76
2499	-20975.5	264.99	79.16	80
2498	-22314.01	264.99	84.21	86
2497	-23655.607	264.99	89.27	90

2496	-25019.716	264.99	94.42	96
2495	-26413.06	264.99	99.68	100
2494	-27905.5	264.99	105.31	106
2493	-29433.164	264.99	111.07	112
2492	-31077.8	264.99	117.28	118
2491	-32339.6	264.99	122.04	124
2490	-33971.9	264.99	128.20	130
2489	-35489.3	264.99	133.93	134
2488	2762.35	264.99	10.42	12
209	-3144.72	264.99	11.87	12
165	2833.39	264.99	10.69	12
210	-3188.42	264.99	12.03	14
166	2778.49	264.99	10.49	12
211	-2495.97	264.99	9.42	10
167	2193.69	264.99	8.28	10
212	-2928.91	264.99	11.05	12
168	2656.15	264.99	10.02	12
213	-2841.25	264.99	10.72	12
169	2613.32	264.99	9.86	10
214	-2760.22	264.99	10.42	12
170	2592.44	264.99	9.78	10
215	-2680.47	264.99	10.12	12
171	2574.36	264.99	9.72	10
216	-2604.27	264.99	9.83	10
172	2561.86	264.99	9.67	10
217	-2531.92	264.99	9.55	10
173	2554.76	264.99	9.64	10
218	-2459.42	264.99	9.28	10
174	2352.97	264.99	8.88	10
219	-2188.39	264.99	8.26	10
175	2312.464	264.99	8.73	10
220	-2088.69	264.99	7.88	8
176	2274.25	264.99	8.58	10
221	-1988.35	264.99	7.50	8
177	2237.49	264.99	8.44	10
222	-1888.74	264.99	7.13	8
178	2201.59	264.99	8.31	10
223	-1719.56	264.99	6.49	8
179	2592.15	264.99	9.78	10
224	-1724.16	264.99	6.51	8
180	2054.26	264.99	7.75	8
225	-836.99	264.99	3.16	4

181	1280.57	264.99	4.83	6
226	-462.62	264.99	1.75	2
182	1510.61	264.99	5.70	6
227	-445.57	264.99	1.68	2
183	1225.73	264.99	4.63	6
228	457.24	264.99	1.73	2
184	1471.706	264.99	5.55	6
229	524.73	264.99	1.98	2
185	613.005	264.99	2.31	4
236	961.99	264.99	3.63	4
186	-473.15	264.99	1.79	2
238	-599.67	264.99	2.26	4
240	869.335	264.99	3.28	4
187	811.27	264.99	3.06	4
237	-352.88	264.99	1.33	2
188	1662.18	264.99	6.27	8
242	-455.93	264.99	1.72	2
189	1402.08	264.99	5.29	6
243	-596.13	264.99	2.25	4
190	1680.73	264.99	6.34	8
244	-624.74	264.99	2.36	4
191	1460.89	264.99	5.51	6
245	-990.49	264.99	3.74	4
192	2237.19	264.99	8.44	10
246	-874.813	264.99	3.30	4
193	2759.43	264.99	10.41	12
247	-1902.03	264.99	7.18	8
194	2335.97	264.99	8.82	10
248	-2051.66	264.99	7.74	8
195	2377.69	264.99	8.97	10
249	-2160.05	264.99	8.15	10
196	2418.55	264.99	9.13	10
250	-2266.02	264.99	8.55	10
197	2463.47	264.99	9.30	10
251	-2374.71	264.99	8.96	10
198	2510.89	264.99	9.48	10
252	-2617.08	264.99	9.88	10
199	2676.55	264.99	10.10	12
253	-2699.58	264.99	10.19	12
200	2689.63	264.99	10.15	12
254	-2783.68	264.99	10.51	12
201	2706.66	264.99	10.21	12

255	-2869.56	264.99	10.83	12
202	2733.72	264.99	10.32	12
256	-2963.69	264.99	11.18	12
203	2769.08	264.99	10.45	12
257	-3064.86	264.99	11.57	12
204	2806.499	264.99	10.59	12
258	-3210.83	264.99	12.12	14
205	2326.14	264.99	8.78	10
259	-2644.76	264.99	9.98	10
206	2905.11	264.99	10.96	12
260	-3464.3	264.99	13.07	14
207	3006.87	264.99	11.35	12
261	-3187.24	264.99	12.03	14
208	2740.37	264.99	10.34	12
262	-1651.63	264.99	6.23	8
1463	-1433.9	264.99	5.41	6
1465	-1236.08	264.99	4.66	6
1467	-1056.15	264.99	3.99	4
1469	-892.9	264.99	3.37	4
1471	817.85	264.99	3.09	4
1473	802.21	264.99	3.03	4
1475	789.37	264.99	2.98	4
1477	778.23	264.99	2.94	4
1479	767.907	264.99	2.90	4
1481	757.655	264.99	2.86	4
1483	746.665	264.99	2.82	4
1485	734.14	264.99	2.77	4
1487	718.95	264.99	2.71	4
1489	699.34	264.99	2.64	4
1491	-615.67	264.99	2.32	4
1901	-680.47	264.99	2.57	4
1902	-743.99	264.99	2.81	4
1903	-808.51	264.99	3.05	4
1904	-856.13	264.99	3.23	4
1905	-903.04	264.99	3.41	4
1906	-952.56	264.99	3.59	4
1907	-1126.89	264.99	4.25	6
1908	-951.88	264.99	3.59	4
1909	-902.59	264.99	3.41	4

1910	-856.45	264.99	3.23	4
1911	-790.81	264.99	2.98	4
1912	-728.92	264.99	2.75	4
1913	-666.49	264.99	2.52	4
1914	-602.12	264.99	2.27	4
1915	690.67	264.99	2.61	4
1613	706.613	264.99	2.67	4
1623	718.28	264.99	2.71	4
1633	726.94	264.99	2.74	4
1643	735.45	264.99	2.78	4
1653	741.86	264.99	2.80	4
1663	746.8	264.99	2.82	4
1673	750.85	264.99	2.83	4
1683	-736.67	264.99	2.78	4
1693	-901.43	264.99	3.40	4
1703	-1082.64	264.99	4.09	6
1713	-1286.87	264.99	4.86	6
1723	-1518.36	264.99	5.73	6
1733	-1812.05	264.99	6.84	8
1743	-2158.93	264.99	8.15	10

Sumber: Analisa Perhitungan

7.4.6. Sambungan Pada Jembatan Rangka Bentang 44 m

7.4.6.1. Sambungan Rangka Batang Atas

- Data Perencanaan:
 1. Profil box 900 x 600 x 10 x 10
 2. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 3. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 4. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

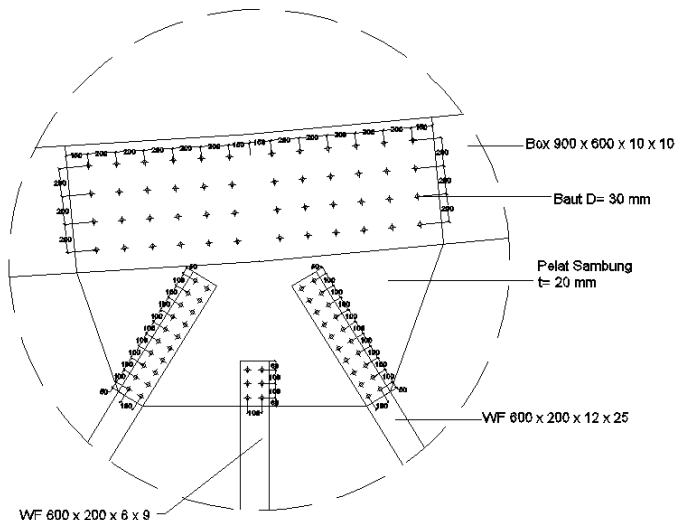
$$V_u = 5768,4 \text{ kN}$$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 5768,4 / 265$$

$$= 21,7 \rightarrow 24 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 15 cm
 Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 20cm



Gambar 7.31 Sambungan Rangka Batang Atas (44m)

7.4.6.2. Sambungan Rangka Batang Bawah

- Data Perencanaan:
 - Profil box 800 x 600 x 10 x 10
 - Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 - D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 - D lubang = $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

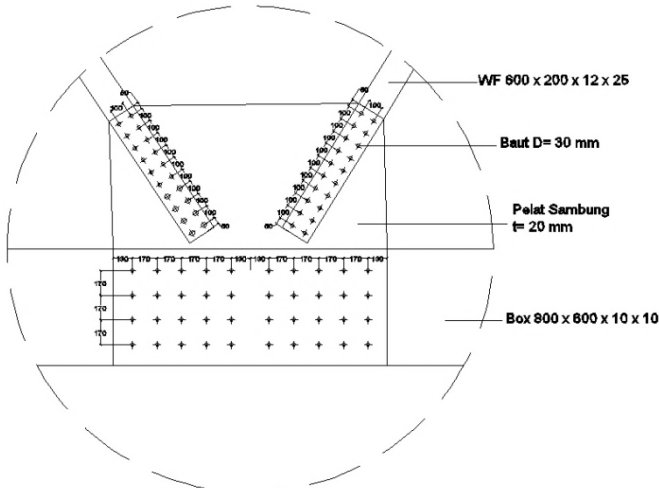
$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 $V_u = 4478,9 \text{ kN}$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 4478,9 / 265$$

$$= 16,9 \rightarrow 20 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 13 cm
 Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 17cm



Gambar 7.32 Sambungan Rangka Batang Bawah (44m)

7.4.6.3. Sambungan Rangka Batang Miring

- Data Perencanaan:
 1. Profil WF 600 x 200 x 12 x 25
 2. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 3. $D \text{ baut} = 3 \text{ cm}$; $T_b = 335 \text{ kN}$
 4. $D \text{ lubang} = 3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 $V_u = 4907,9 \text{ kN}$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 4907,9 / 265$$

$$= 18,5 \rightarrow 20 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = $1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

S_1 digunakan = 5 cm

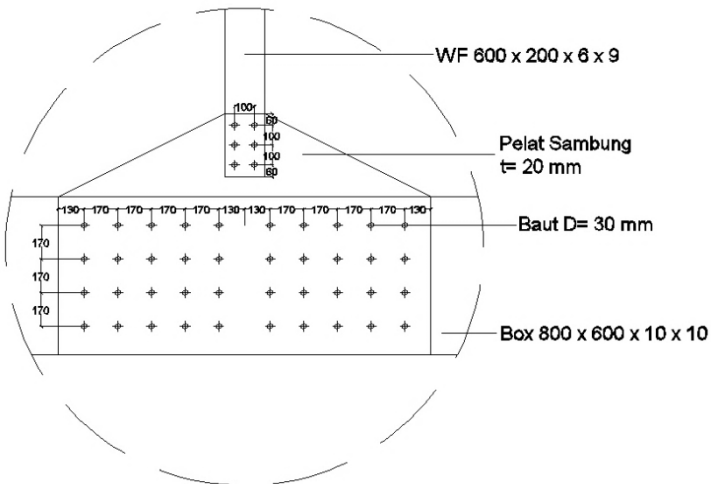
Jarak antar baut (S) = $2,5 d_b \text{ s/d } 15t_p$ atau 200 mm

$$2,5 d_b = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

S digunakan = 10 cm

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 5 cm
 Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 10cm



Gambar 7.34 Sambungan Rangka Batang Tegak (44m)

Tabel 7.8 Rekapitulasi Jumlah Baut Jembatan Rangka (44m)

Batang	Gaya Terjadi (kN)	Kekuatan 1 Baut (kN)	P / Vd	Jumlah Baut Dibutuhkan (n)
939	-4311.73	264.99	16.27	18
940	-5768.959	264.99	21.77	22
941	-5039.39	264.99	19.02	20
942	-2761.18	264.99	10.42	12
943	1548.69	264.99	5.84	6
1875	2148.405	264.99	8.11	10
1218	1788.221	264.99	6.75	8
1219	4478.9	264.99	16.90	18
1220	4006.54	264.99	15.12	16
9	4088.373	264.99	15.43	16
10	3982.543	264.99	15.03	16
11	2634.51	264.99	9.94	10
12	2719.45	264.99	10.26	12
13	-668.06	264.99	2.52	4
14	-570.13	264.99	2.15	4
15	-3071.45	264.99	11.59	12
964	-4663.74	264.99	17.60	18
908	1306.04	264.99	4.93	6
965	3264.11	264.99	12.32	14
966	-2274.22	264.99	8.58	10
920	1306.34	264.99	4.93	6
967	981.75	264.99	3.70	4
968	847.06	264.99	3.20	4
921	1308.68	264.99	4.94	6
969	-1671.96	264.99	6.31	8
970	2520.29	264.99	9.51	10
922	1310.83	264.99	4.95	6
971	-3297.74	264.99	12.45	14
972	4076.07	264.99	15.38	16
923	1313.3	264.99	4.96	6
973	-4170.97	264.99	15.74	16
974	4907.102	264.99	18.52	20
924	-6144.44	264.99	23.19	24

Sumber: Analisa Perhitungan

7.4.7. Sambungan Pada Jembatan Rangka Bentang 100 m

7.4.7.1. Sambungan Rangka Batang Atas

- Data Perencanaan:
 1. Profil box 900 x 600 x 50 x 50
 2. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 3. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 4. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 22720,6 \text{ kN}$$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 22720,6 / 265$$

$$= 85,5 \rightarrow 90 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

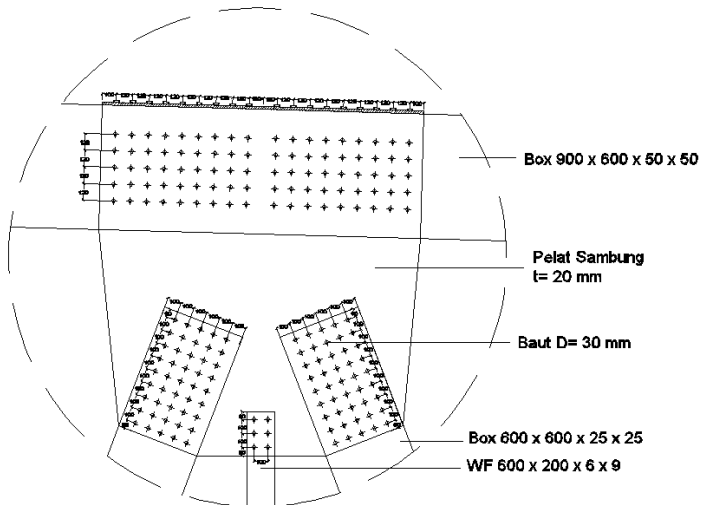
S_1 digunakan = 10 cm

Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

S digunakan = 12cm



Gambar 7.35 Sambungan Rangka Batang Atas (100m)

7.4.7.2. Sambungan Rangka Batang Bawah

- Data Perencanaan:
 1. Profil box 800 x 600 x 50 x 50
 2. Pelat penyambung t = 20 mm ; BJ 50
 3. D baut = 3cm ; Tb = 335 kN
 4. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

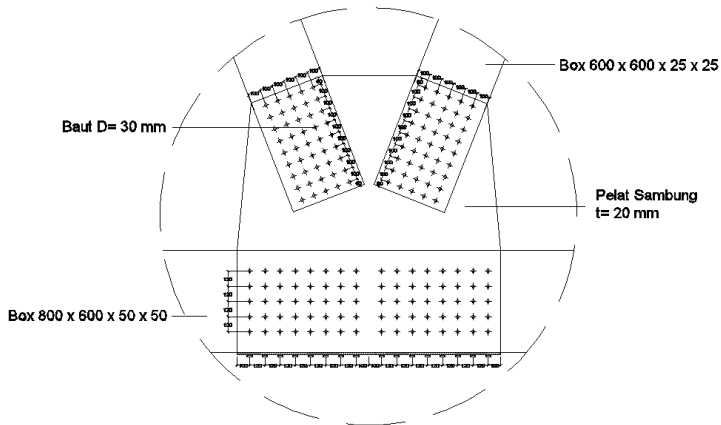
$$V_u = 20189,7 \text{ kN}$$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 20189,7 / 265$$

$$= 76,2 \rightarrow 80 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 10 cm
 Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 12cm



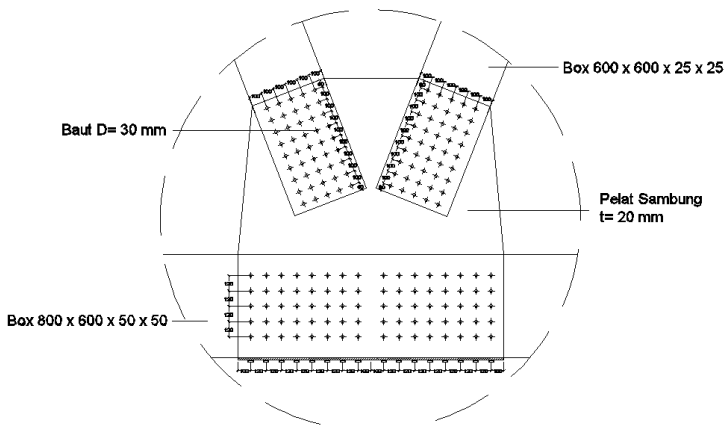
Gambar 7.36 Sambungan Rangka Batang Bawah (100)

7.4.7.3. Sambungan Rangka Batang Miring

- Data Perencanaan:
 1. Profil box 600 x 600 x 25 x 25
 2. Pelat penyambung t = 20 mm ; BJ 50
 3. D baut = 3cm ; Tb = 335 kN
 4. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm
- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}
 Vd &= \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times Tb \\
 &= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335 \\
 &= 265 \text{ kN}
 \end{aligned}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

- $V_u = 11270 \text{ kN}$
- Jumlah baut
 $n = V_u / V_d$
 $= 11270 / 265$
 $= 42,5 \rightarrow 45 \text{ buah}$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi (S_1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 $S_1 \text{ digunakan} = 6 \text{ cm}$
 Jarak antar baut (S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 $S \text{ digunakan} = 10 \text{ cm}$



Gambar 7.37 Sambungan Rangka Batang Miring (100m)

7.4.7.4. Sambungan Rangka Batang Tegak

- Data Perencanaan:
 - Profil WF 600 x 200 x 6 x 9
 - Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 - D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 - D lubang = $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$

Tabel 7. 9 Rekapitulasi Jumlah Baut Jembatan Rangka (100)

Batang	Gaya Terjadi (kN)	Kekuatan 1 Baut (kN)	P / Vd	Jumlah Baut Dibutuhkan (n)
2199	1660.03	264.99	6.26	8
2213	-5793.27	264.99	21.86	22
2215	-11311.42	264.99	42.69	44
2217	-15847.05	264.99	59.80	60
2219	-19329.99	264.99	72.95	74
2221	-21681.47	264.99	81.82	82
2223	-22720.6	264.99	85.74	86
2225	-22639.38	264.99	85.44	86
2227	-21287.34	264.99	80.33	82
2229	-18386.3	264.99	69.39	70
2231	-13846.99	264.99	52.26	54
2233	-7733.54	264.99	29.18	30
2123	-6059.97	264.99	22.87	24
2125	2783.25	264.99	10.50	12
2127	2421.39	264.99	9.14	10
2129	7448.6	264.99	28.11	30
2131	7081.49	264.99	26.72	28
2133	11584.95	264.99	43.72	44
2135	11435.52	264.99	43.16	44
2137	15220.58	264.99	57.44	58
2139	15117.39	264.99	57.05	58
2141	17896.495	264.99	67.54	68
2143	17863.84	264.99	67.41	68
2145	19569.13	264.99	73.85	74
2147	19618.1	264.99	74.03	76
2149	20084.67	264.99	75.80	76
2151	20189.732	264.99	76.19	78
2153	19694.66	264.99	74.32	76
2155	19870.57	264.99	74.99	76
2157	17894.56	264.99	67.53	68
2159	18093.64	264.99	68.28	70

2161	14634.88	264.99	55.23	56
2163	14881.71	264.99	56.16	58
2165	9878.23	264.99	37.28	38
2167	10159.405	264.99	38.34	40
2169	3559.608	264.99	13.43	14
2171	3847.803	264.99	14.52	16
2173	-11025.89	264.99	41.61	42
2297	11270.02	264.99	42.53	44
2296	-10461.21	264.99	39.48	40
2174	1283.2	264.99	4.84	6
2295	9727.77	264.99	36.71	38
2294	-8934.41	264.99	33.72	34
2175	1283.033	264.99	4.84	6
2293	8172.44	264.99	30.84	32
2292	-7375.046	264.99	27.83	28
2176	1282.89	264.99	4.84	6
2291	6582.64	264.99	24.84	26
2290	-5780.709	264.99	21.82	22
2177	1282.76	264.99	4.84	6
2289	4955.805	264.99	18.70	20
2288	-4149.102	264.99	15.66	16
2178	1282.009	264.99	4.84	6
2287	3260.94	264.99	12.31	14
2286	-2449.881	264.99	9.25	10
2179	1279.42	264.99	4.83	6
2285	1584.84	264.99	5.98	6
2284	-769.735	264.99	2.90	4
2180	1277.74	264.99	4.82	6
2283	-940.48	264.99	3.55	4
2282	1755.73	264.99	6.63	8
2181	1277.12	264.99	4.82	6
2281	-2739.05	264.99	10.34	12
2280	3561.444	264.99	13.44	14
2182	1276.505	264.99	4.82	6
2279	-4590.315	264.99	17.32	18
2278	5421.949	264.99	20.46	22
2183	686.04	264.99	2.59	4
2277	-6474.27	264.99	24.43	26
2276	7289.872	264.99	27.51	28
2184	685.902	264.99	2.59	4
2275	-8393.53	264.99	31.68	32
2274	9219.86	264.99	34.79	36
2185	570.35	264.99	2.15	4
2273	-10457.039	264.99	39.46	40

Sumber: Analisa Perhitungan

7.4.8. Sambungan Pada Portal Akhir

7.4.8.1. Sambungan Balok Portal Akhir

- Data Perencanaan:
 1. Profil WF 400 x 400 x 18 x 28
 2. Pelat penyambung $t = 10 \text{ mm}$; BJ 41
 3. D baut = 2cm ; $T_b = 145 \text{ kN}$
 4. D lubang = 2 cm + 0,2 = 2,2 cm
- Kekuatan ijin 1 baut
 1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times m \times r_l \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$
 2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 $V_u = 8077,69 \text{ kg}$
- Jumlah baut

$$\begin{aligned}n &= V_u / V_d \\ &= 8077,69 / 14608 \\ &= 1 \rightarrow 4 \text{ buah}\end{aligned}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = 1,5 d_b s/d (4 t_p +100) atau 200mm

$$\begin{aligned}1,5 \text{ db} &= 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm} \\ 4t_p+100 &= (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \\ S_1 \text{ digunakan} &= 5 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jarak antar baut(S) = 2,5 d_b s/d 15 t_p atau 200mm

$$\begin{aligned}2,5 \text{ db} &= 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 50 \text{ mm} \\ 15t_p &= 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm} \\ S \text{ digunakan} &= 10 \text{ cm}\end{aligned}$$

7.4.8.2. Sambungan Kolom Portal Akhir

- Data Perencanaan:
 1. Profil Box 1400 x 600 x 50 x 50
 2. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 3. $D \text{ baut} = 3 \text{ cm}$; $T_b = 335 \text{ kN}$
 4. $D \text{ lubang} = 3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$
- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 11025,89 \text{ kN}$$
- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 11025,89 / 265$$

$$= 41,6 \rightarrow 42 \text{ buah}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 180 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ digunakan} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$2,5 d_b = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$S \text{ digunakan} = 10 \text{ cm}$$

7.5. Perencanaan Perletakan

7.5.1. Perencanaan Perletakan Sendi

Pada kontruksi jembatan Grindulu ini menggunakan perletakan sendi. Untuk jenis ukuran dari kursi penumpu engsel dan rol dapat ditentukan menurut cara yang diberikan oleh Multer-Breslau berdasarkan *literatur* Djembatan, Ir.H.J.Struyk.

Tabel 7.10Tabel Untuk Menentukan Kursi Perletakan

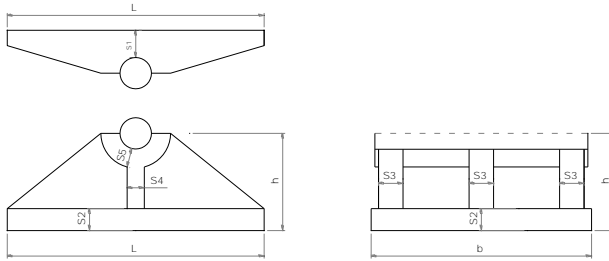
h/s_2	$b/\alpha.s_3$	W
3	4	$0,2222.a.h^2.s_3$
4	4,2	$0,2251.a.h^2.s_3$
5	4,6	$0,2286.a.h^2.s_3$
6	5	$0,2315.a.h^2.s_3$

Jika jumlah rusuk = a, maka S_2 dan S_3 dapat ditentukan dari daftar diatas. Perbandingan $\frac{h}{S_2}$ hendaknya diambil antara 3 dan 5,

sedangkan tebal $S_4 = \frac{h}{6}$ dan $S_5 = \frac{h}{4}$ sedangkan untuk mencari nilai

S_1 digunakan rumus $S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3P.l}{b.\sigma_b}}$

Adapun sketsa perletakan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 7.39 Detail Pada Perletakan Engsel

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan.

- $H = 2606100 \text{ kg}$
- $V = 3080986 \text{ kg}$

Direncanakan perletakan baja

- $f_c' = 35 \text{ MPa}$ mutu beton *abutment*
- $f_y = 410 \text{ Mpa}$ mutu perletakan baja

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{f_c'} = \frac{3080986}{350} = 8803 \text{ cm}^2$$

Direncanakan $L = 100 \text{ cm}$, maka

$$b = \frac{F}{L} = \frac{8803}{100} = 88 \text{ cm}$$

Ambil $b = 100 \text{ cm} = L = 100 \text{ cm}$

Direncanakan dimensi bantalan dengan panjang (L) = 100 cm dan lebar (b) = 100 cm, serta bantalan landasan yang berbatasan langsung dengan beton. Maka ukuran – ukuran dari perletakan dapat ditentukan :

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}} = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 3080986 \times 100}{100 \times 4100}} = 23,7 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 24$ cm

$W_{\text{baja}} = M_{\text{max}}$

$$M_{\text{max}} = \frac{V}{2} \times \frac{b}{4} = \frac{3080986}{2} \times \frac{100}{4}$$

$$= 38512325 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{baja}}} = \frac{38512325}{4100} = 9393,25 \text{ cm}^3$$

a direncanakan 3 buah

dari Tabel 7.1 diambil nilai $\frac{h}{s2} = 4$, jadi $\frac{b}{a.S_3} = 4.2$

dan $W = 0,2251 ah^2S_3$, maka:

$$S_3 = \frac{b}{a \times 4,2} = \frac{100}{3 \times 4,2} = 8 \text{ cm}$$

$$h = \frac{W}{0,2251 \times a \times S_3} = \frac{9393,25}{0,2251 \times 3 \times 8} = 42 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{h}{4} = \frac{42}{4} = 11 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{42}{6} = 7 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{4} = \frac{42}{4} = 11 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$S_1 =$ tinggi pelat penumpu atas sendi = 24 cm

$S_2 =$ tebal pelat pemumpu perletakan = 11 cm

$S_3 =$ tebal pelat penyokong Vertikal = 8 cm

$S_4 =$ tebal pelat vertikal penumpu = 7 cm

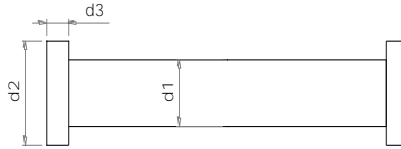
$S_5 =$ tebal pelat lengkung penumpu = 11 cm

- Perhitungan diameter engsel

Didapatkan $L = 100$ cm

$$r = 0,8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} \times L} = 0,8 \times \frac{3080986}{4100 \times 100} = 6 \text{ cm}$$

diambil, $r = 16 \text{ cm}$



Gambar 7.40 Detail Pen Engsel

$$d_1 = 2 \cdot r = 2 \times 16 = 32 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times 2,5) = 32 + (2 \times 2,5) = 37 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{d_2}{4} = 9 \text{ cm}$$

- Kontrol Kekuatan Engsel

Syarat : \rightarrow Engsel harus mampu menahan geser

$$(a \cdot S_3) \cdot d_1 \cdot f_y > V$$

$$(3 \times 8) \times 32 \times 4100 > 3080986$$

$$3123809 \text{ kg} > 3080986 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

- Perhitungan Pengangkuran Sendi

$$H = 2606100 \text{ kg}$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 36 \text{ mm}$$

Mutu pelat BJ-55

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$\phi V_d = 0,75 \cdot m \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 3,6^2$$

$$= 79013 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,6 \times 5 \times 5500 \\ &= 178200 \text{ kg} \\ V_d &= 79013 \text{ kg (diambil yang terkecil)}\end{aligned}$$
- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{2606100}{79013} = 33 \text{ baut}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi}(S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ atau } 200\text{mm} \\ 1,5 d_b &= 1,5 \cdot 36 \text{ mm} = 54 \text{ mm} \\ 4t_p+100 &= (4 \cdot 50 \text{ mm} + 100) = 300 \text{ mm} \\ S_1 \text{ digunakan} &= 5,5 \text{ cm} \\ \text{Jarak antar baut}(S) &= 2,5 d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200\text{mm} \\ 2,5 d_b &= 2,5 \cdot 36 \text{ mm} = 108 \text{ mm} \\ 15t_p &= 15 \cdot 50 \text{ mm} = 750 \text{ mm} \\ S \text{ digunakan} &= 11\text{cm}\end{aligned}$$

7.5.2. Perencanaan Perletakan Rol

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan.

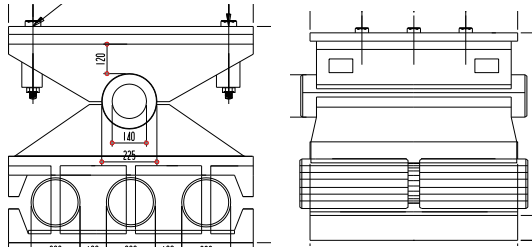
- $V = 1037934 \text{ kg}$
- Direncanakan perletakan baja
- $f_c' = 35 \text{ MPa}$ mutu beton *abutment*
- $f_y = 410 \text{ Mpa}$ mutu perletakan baja
- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{f_c'} = \frac{1037934}{350} = 2966 \text{ cm}^2$$

$$b = \frac{F}{L} = \frac{2966}{100} = 30 \text{ cm}$$

Ambil $b = 100 \text{ cm}$

$L = 100 \text{ cm}$



Gambar 7. 41 Perletakan Rol

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}}$$

$$= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 1037934 \times 100}{100 \times 4100}} = 13,8 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 14 \text{ cm}$

- Garis tengah gelinding

Direncanakan jari-jari gelinding (r_1) = 16 cm

$$l = \frac{1}{2r_1} = 0,03$$

$$\gamma^2 = 0,75 \times 10^6 \times \frac{p \cdot l}{L}$$

$$= 0,75 \times 10^6 \times \frac{11037934 \cdot 0,03}{100}$$

$$= 243265781 \text{ kg/cm}^3$$

$$d_4 = \frac{0,75 \times 10^6 \times P}{L \times \gamma^2} = \frac{0,75 \times 10^6 \times 11037934}{100 \times 243265781}$$

$$= 32 \text{ cm}$$

dipakai 3 buah gelinding, maka

$$d_4 = \frac{32}{3} = 11 \text{ cm}$$

$$d_5 = d_4 + (2 \times 2,5) = 11 + (2 \times 2,5) = 16 \text{ cm}$$

d_6 ambil 5 cm

- Perhitungan Pengangkuran Rol

$$H = 1037934 \text{ kg}$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 36 \text{ mm}$$

Mutu pelat BJ-55

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} \phi V_d &= 0,75 \cdot m \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 3,6^2 \\ &= 79013 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,6 \times 5 \times 5500 \\ &= 178200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_d = 79013 \text{ kg} \text{ (diambil yang terkecil)}$$

- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{1037934}{79013} = 14 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5 d_b \text{ s/d } (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 54 \text{ mm}$$

$$4 t_p + 100 = (4 \cdot 50 \text{ mm} + 100) = 300 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ digunakan} = 5,5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 d_b \text{ s/d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$2,5 d_b = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \cdot 50 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

$$S \text{ digunakan} = 11 \text{ cm}$$

“Halama ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

Dalam perencanaan struktur bangunan bawah jembatan busur direncanakan menggunakan abutmen pada STA 0+250 dan 0+600 dan pilar jembatan pada STA 0+300 dan STA 0+500 beserta perencanaan pondasinya.

8.1. Data Umum Jembatan

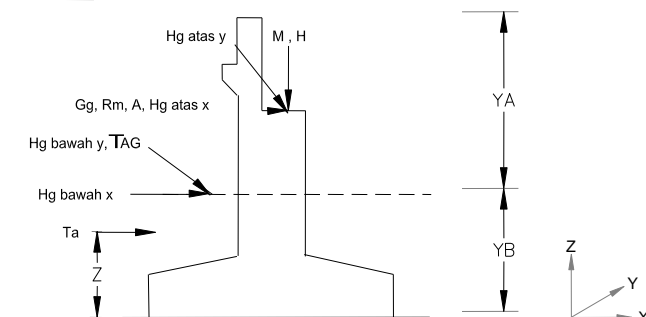
Berikut merupakan data umum jembatan busur rencana:

- Lokasi jembatan = Kabupaten Pacitan
- Bentang jembatan modifikasi = 354 m
- Lebar jembatan modifikasi = 13,5 m
- Struktur atas = Struktur busur rangka
- Pondasi = Pondasi tiang pancang
- Zona gempa = 4

8.2. Perencanaan Abutmen

8.2.1. Pembebanan

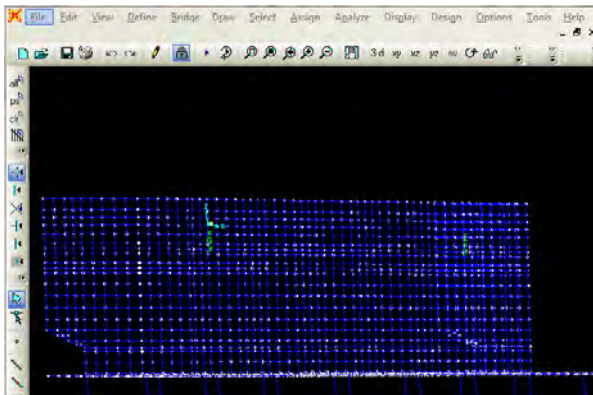
Beban pada abutmen terdiri dari beban yang terjadi dari bangunan atas yang telah dianalisa dengan program bantu SAP dapat diketahui hasil reaksi pada perletakan dalam kondisi beban layan dan beban akibat pembebanan bangunan bawah



Gambar 8.1 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Abutment

Dimana : M = Beban mati (dead load)
 H = Beban hidup (live load)
 Ta = Tekanan tanah
 Tb = Gaya rem (*traffic load*)
 Pd = Beban angin (*wind load*)
 Eq = Gaya gempa (*earthquake*)

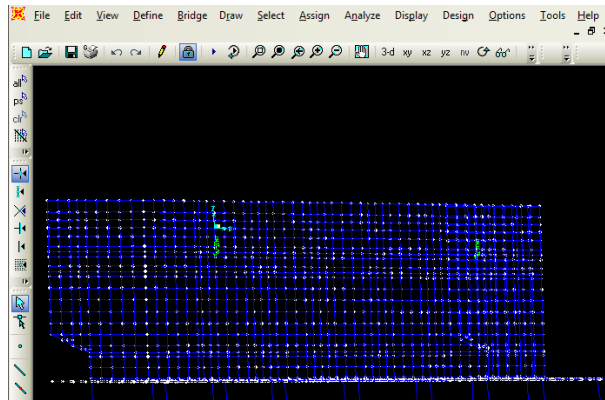
1. Beban Mati (bangunan atas)
 $V = 181019,31 \text{ kg}$
 $H_x = 0$
 $H_y = 1595 \text{ kg}$



Gambar 8.2 Hasil Input Beban Mati

Sumber: Analisa Pemodelan

2. Beban Hidup (BGT)
 $V = 33437,79 \text{ kg}$
 $H_x = 0$
 $H_y = 122,65$



Gambar 8.3 Hasil Input Beban BGT

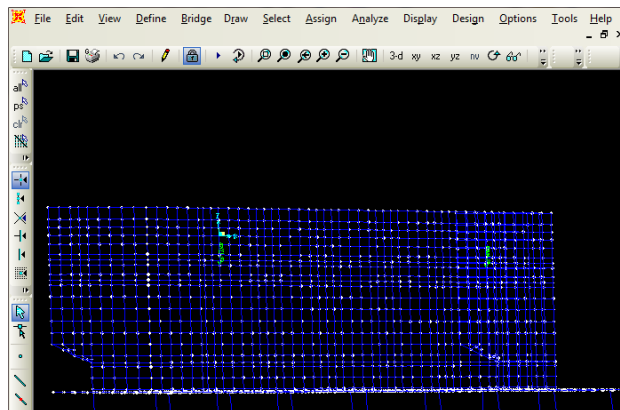
Sumber: Analisa Pemodelan

3. Beban Hidup (BTR)

$$V = 82771,93 \text{ kg}$$

$$H_x = 0$$

$$H_y = 1400,96$$



Gambar 8.4 Hasil Input Beban BTR

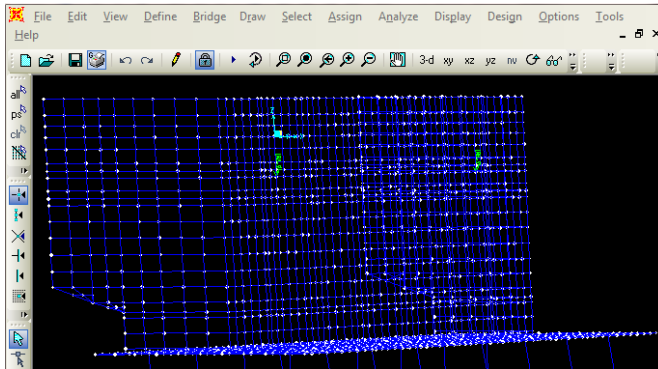
Sumber: Analisa Pemodelan

4. Beban Rem

$$V = 108,95 \text{ kg}$$

$$H_x = 0$$

$$H_y = 19,34 \text{ kg}$$



Gambar 8.5 Hasil Input Beban Rem

Sumber: Analisa Pemodelan

5. Beban Angin

$$Tew = 0.0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b$$

$$C_w = 1.2 \text{ (Koevisien seret)}$$

$$V_w = 35 \text{ m/s (Kecepatan angin rencana)}$$

$$L \text{ atas} = 44 \text{ m}$$

$$L \text{ bawah} = 40 \text{ m}$$

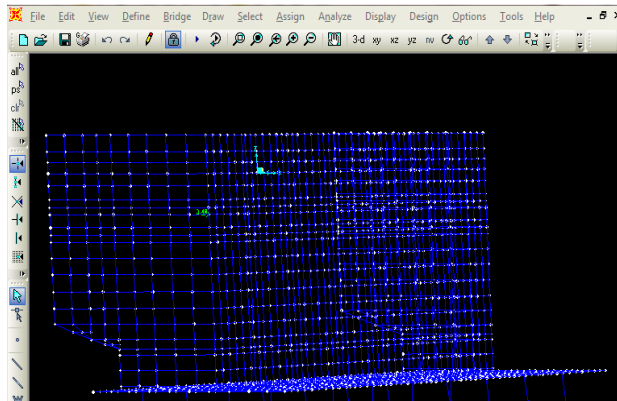
$$h = 6 \text{ m}$$

$$A_b = 252 \times 30\% \\ = 75.6 \text{ m}^2$$

$$Tew1 = 0.0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b$$

$$Tew1 = 66.68 \text{ KN}$$

$$P/2 = 33.34 \text{ KN}$$



Gambar 8.6 Hasil Input Beban Angin
Sumber: Analisa Pemodelan

6. Tekanan Tanah

- Berat tanah timbunan

$$\gamma \text{ (tanah timbunan)} = 1,78 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ (tanah timbunan)} = 5,24 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W \text{ (tanah timbunan)} &= \gamma \times H \\ &= 1,78 \text{ t/m}^3 \times 5,24 \text{ m} \\ &= 9,33 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- Tekanan tanah aktif

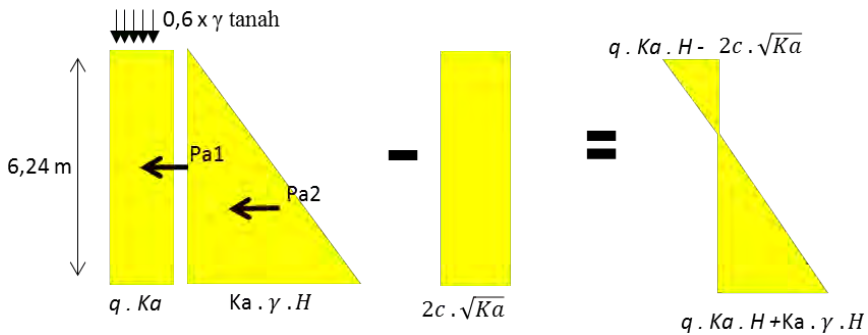
$$\gamma \text{ (tanah timbunan)} = 1,78 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

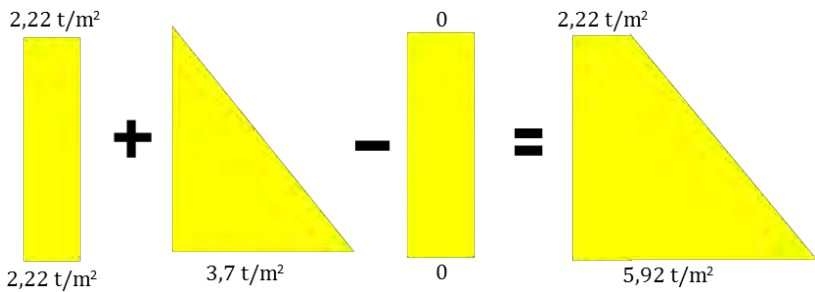
$$C \text{ (tanah timbunan)} = 0$$

$$H \text{ abutmen} = 7,24 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45 - \phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 15) = 0.33 \end{aligned}$$



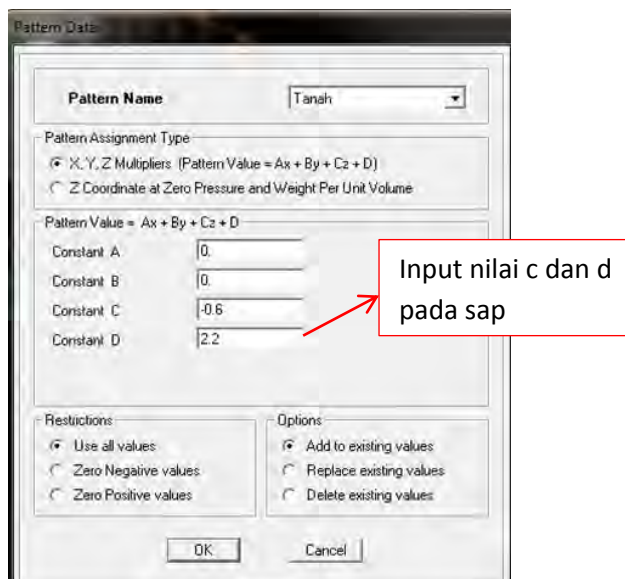
Gambar 8.7 Distribusi Tekanan Tanah Aktif (menurut Rankine)



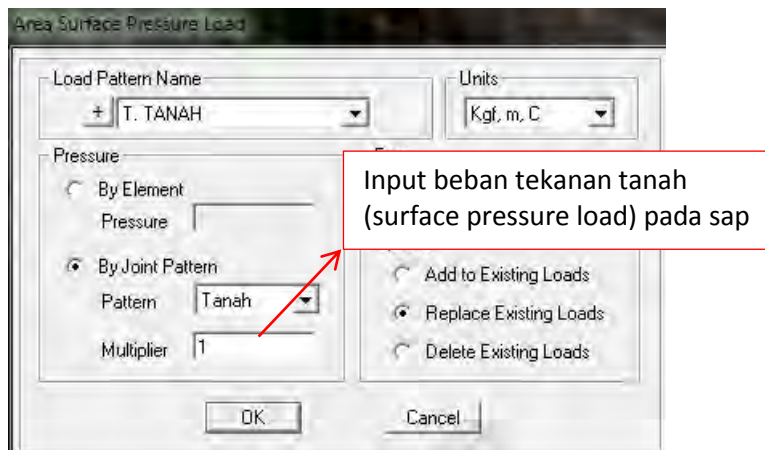
Gambar 8.8 Hasil Perhitungan Distribusi Tekanan Tanah Aktif

Dari total hasil perhitungan distribusi tekanan tanah aktif , kemudian dihitung koefisien C dan D dengan rumus substitusi. Setelah itu koefisien C dan D di masukkan ke program bantu sap.

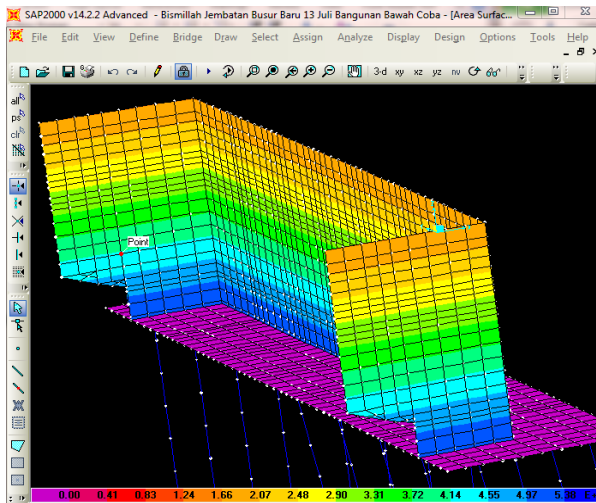
$$\begin{aligned} E_{a1} &= Cz + D & 2.2 &= 0 C + D \\ E_{a2} &= Cz + D & \underline{5.9} &= \underline{-6.24 C + D} \\ & & -0.6 &= C \\ & & 2.2 &= D \end{aligned}$$



Gambar 8.9 Input Nilai C dan D Pada SAP



Gambar 8.10 Input Beban Tekanan Tanah

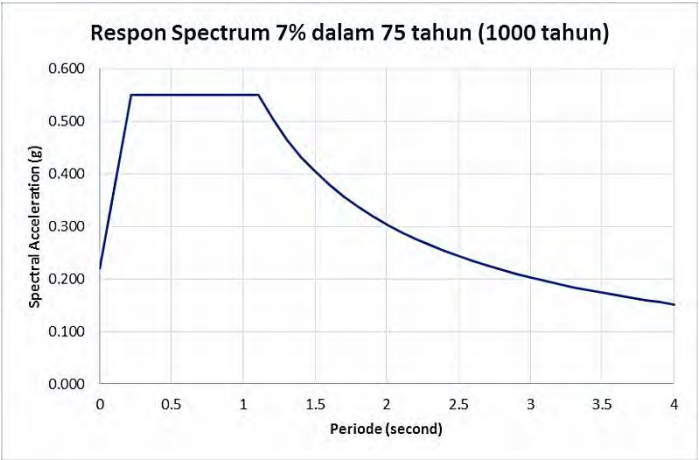


Gambar 8.11 Hasil Input Beban Tekanan Tanah

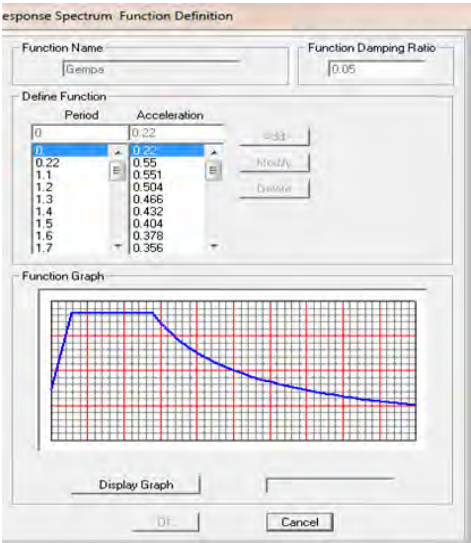
Sumber: Analisa Pemodelan

7. Beban Gempa

Seperti pembebanan pada bab Struktur Utama beban gempa menggunakan respon spektrum menurut RSNI 2833:2013 (Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa) yang di input ke program bantu Sap 2000.

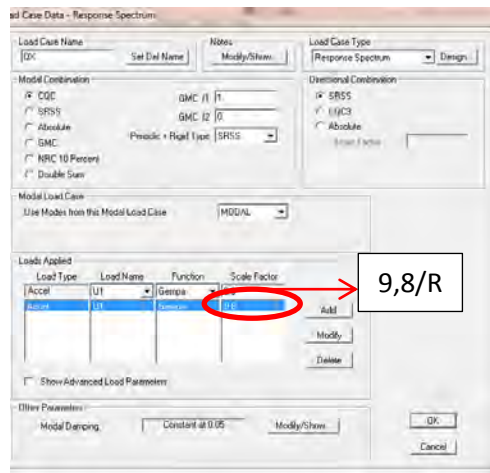


Gambar 8.12 Respon Spektrum 7% dalam 75 tahun



Gambar 8.13 Input Grafik respon spektrum pada sap

Koefisien R pada gempa jembatan
RSNI Gempa Jembatan 2833:2013 pada tabel 7 , Faktor
modifikasi respon (R) = 1



Gambar 8.14 Input Koefisien Modifikasi Respon Pada Sap

8.2.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada abutmen berdasarkan RSNI T-02-2005

Tabel 8.1 Kombinasi Beban Perencanaan Untuk Tegangan Kerja

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan r_{as}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

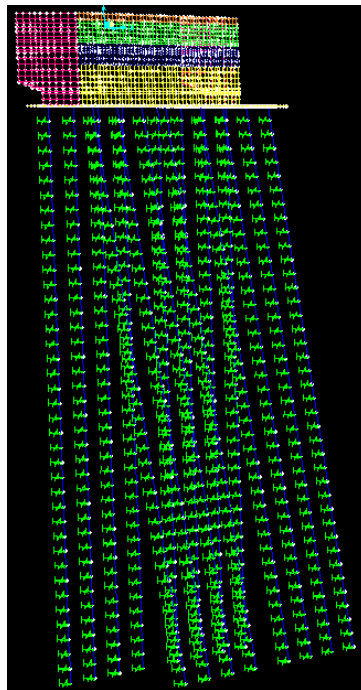
Dimana : Berat sendiri (MS)

Beban mati tambahan (MA)

Beban lajur “D”	(TD)
Gaya rem	(TB)
Temperatur	(ET)
Baban angin	(EW)
Tekanan tanah	(TA)
Beban Gempa	(EQ)

- Kombinasi:
- 1). $1MS+1MA+1TA+1TD+1TB$
 - 2). $1MS+1MA+1TA+1TD+1TB+1ET$
 - 3). $1MS+1MA+1TA+1TD+1TB+1EW$
 - 4). $1MS+1MA+1TA+1TD+1TB+1ET+1EW$
 - 5). $1MS+1MA+1TA+1QX+0,3QY$
 - 6). $1MS+1MA+1TA+0,3QX+1QY$

8.2.3. Pemodelan Struktur



Gambar 8.15 Pemodelan Struktur Abutment

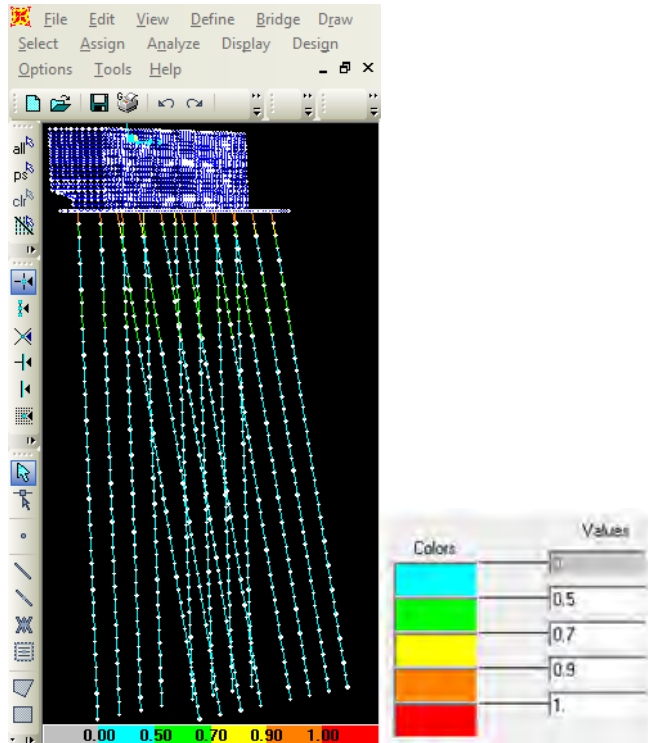
Tabel 8.2 Tabel Perhitungan Gaya Spring Pada Tiang Pancang

Depth	N	Eo = 28N	D = 0,9 m	D = 0,9 m	D = 0,9 m	D = 0,9 m
			(Subgrade reaction) $k_o = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{0,75}$	$y = 1 \text{ cm}$ $k = k_o \cdot y^{-0,5}$	$kV = k_o \cdot A$	$kx = ky$
(m)		kg/cm2	kg/cm3	kg/cm3	t/m	t/m
0	0					
-1	5	140	0.96	0.96	609.61	862.42
-2	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-3	9	238	1.63	1.63	1036.33	1466.11
-4	7	196	1.34	1.34	853.45	1207.39
-5	8	224	1.53	1.53	975.37	1379.87
-6	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-7	8	224	1.53	1.53	975.37	1379.87
-8	7	196	1.34	1.34	853.45	1207.39
-9	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-10	13	364	2.49	2.49	1584.98	2242.29
-11	15	420	2.87	2.87	1828.83	2587.26
-12	17	476	3.26	3.26	2072.67	2932.23
-13	16	434	2.97	2.97	1889.79	2673.50
-14	14	392	2.68	2.68	1706.90	2414.78
-15	12	336	2.30	2.30	1463.06	2069.81
-16	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-17	8	210	1.44	1.44	914.41	1293.63
-18	5	140	0.96	0.96	609.61	862.42
-19	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-20	13	364	2.49	2.49	1584.98	2242.29
-21	12	336	2.30	2.30	1463.06	2069.81
-22	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-23	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-24	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-25	9	238	1.63	1.63	1036.33	1466.11
-26	8	224	1.53	1.53	975.37	1379.87
-27	9	238	1.63	1.63	1036.33	1466.11
-28	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-29	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-30	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-31	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-32	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-33	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-34	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-35	12	322	2.20	2.20	1402.10	1983.57
-36	12	336	2.30	2.30	1463.06	2069.81
-37	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-38	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-39	12	322	2.20	2.20	1402.10	1983.57
-40	13	364	2.49	2.49	1584.98	2242.29
-41	14	392	2.68	2.68	1706.90	2414.78
-42	15	420	2.87	2.87	1828.83	2587.26

Sumber: Analisa Perhitungan

8.2.4. Analisa Struktur

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program/software SAP 2000 versi 14.0 sehingga menghasilkan gaya-gaya dalam dan momen yang terjadi termasuk penulangan yang diperlukan pada masing-masing elemen.



Gambar 8.16 Stress Ratio Pada Tiang Pancang Abutment

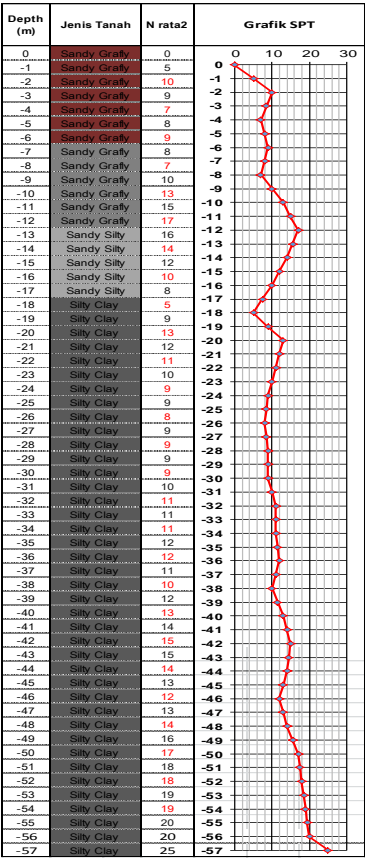
Steel Pipe Pile Ø 900 = 0,950

Sumber: Analisa Pemodelan

8.2.5. Perhitungan Struktur Pondasi

Berdasarkan Data tanah yang ada, bahwa tanah dasar yang ada di lapangan merupakan tanah yang lunak, maka tiang pancang harus dimasukkan cukup dalam untuk mendapatkan daya dukung yang cukup menahan *abutment*. Dengan demikian pemodelan tersebut diharapkan dapat mendekati kondisi yang sebenarnya.

1. Data Tanah



Gambar 8.17 Data Tanah Untuk Merencanakan Pondasi Abutment

2. Material Pondasi

Tiang pondasi pada struktur abutmen direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang dari baja. Pondasi tiang pancang yang dipakai adalah Steel Pipe Pile (ASTM A 252 / JIS A 5525)

3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Reference :

Kazuto Nakayasu – Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi – 1990)

- Data Tiang Pancang

Diameter tiang pancang	$D_p = 0,90\text{m}$
Tebal tiang pancang	$= 0,019\text{ m}$
Keliling tiang, $U_p = \pi \times D$	$= 2,83\text{ m}$
Berat tiang	$= 420\text{ kg/m}$
Luas tiang pancang, $A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$	$= 0,636\text{ m}^2$

- Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang

- a. Gaya geser maksimum dinding tiang (R_f)

$$R_f = U_p \times \sum (l_i \times f_i)$$

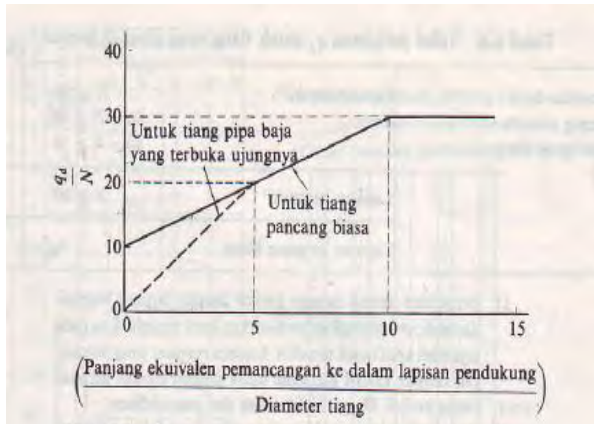
- b. Daya dukung pada ujung tiang (R_t)

$$R_t = q_d \times A$$

$$l/D = 4$$

$$l = 3,6\text{ m (Panjang penetrasi tiang)}$$

$$D = 0,9\text{ m (Diameter ujung tiang)}$$



Gambar 8.18 Diagram Perhitungan Dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang

- c. Daya dukung ultimate tiang (R_u)

$$R_t = R_f + R_t$$

- d. Daya dukung ijin tiang (R_a)

$$R_a = (R_u/S_f) - W_p$$

4. Resume

Tabel 8. 4 Resume Kemampuan Tiang Pancang Abutmen

No	Lokasi	Tiang Pancang	Panjang (m)	PERSYARATAN						TERJADI					
				P Ijin Beban Tetap			P Ijin Beban Sementara			P Beban Tetap			P Beban Sementara		
				P tekan (t) (SF = 3)	P cabut (t) (SF = 3)	Momen (Tm)	P tekan (t) (SF = 2)	P cabut (t) (SF = 2)	Momen (Tm)	P tekan (t)	P cabut (t)	Momen (Tm)	P tekan (t)	P cabut (t)	Momen (Tm)
1	Abutment 1	Pipe Steel Pile Ø 90 cm	40.00	310.73	263.23	246.82	466.10	394.85	370.22	260.42	0.00	28.60	449.76	79.61	189.39
2	Abutment 2	Pipe Steel Pile Ø 90 cm	42.00	324.50	273.60	156.00	486.74	234.00	234.00	304.05	0.00	30.27	453.79	0.00	96.37

8.2.6. Kontrol Geser Pada Kolom Abutment

Perhitungan control geser pons 1 arah pada kolom abutment adalah sebagai berikut:

$V = 0$ Ton (Out Put SAP 2000)

Direncanakan :

b kolom = 1200 mm

d kolom = 205000 mm

f_c' beton = 35 MPa

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot B \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 1200\text{mm} \cdot 20500\text{mm} \\ &= 24255927 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi \cdot V_c \\ 0 \text{ N} &\leq 0,77 \cdot 24255927 \text{ N} \\ 0 \text{ N} &< 16979149 \text{ N} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

8.2.7. Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate

Diketahui data rencana sebagai berikut:

D tiang = 914 mm

D dalam tiang = 876 mm

D . tul. penyaluran = 25 mm

Tebal tiang = 19 mm

Tinggi pile cap (h) = 2000 mm

Cover (d) = 50 mm

d efektif = 1937,5 mm

f_c' = 35 MPa

f_y = 390 MPa

ϕ = 0,7

P (tekan) = 4497600 N (Out put SAP 2000)

P (tarik) = 796100 N (Out put SAP 2000)

a. Kontrol Kekuatan Beton Dalam Tiang

$$\begin{aligned} P \text{ (beton dalam tiang)} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 876^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12551138 \text{ N} \\
 P \text{ (beton dalam tiang)} &> P \text{ (tekan)} \\
 12551138 \text{ N} &> 4497600 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol Geser Pons Pile Cap

Keliling bidang geser

$$\begin{aligned}
 b_o &= \pi \cdot (d \text{ tiang} + d \text{ efektif}) \\
 &= \pi \cdot (914 + 1937,5) = 8958 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek bidang geser

$$\beta = 5,1$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0,17 \cdot (1+2/\beta) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,17 \cdot (1+2/5,1) \cdot \sqrt{35} \cdot 8958 \cdot 1937,5 \cdot 0,6 \\
 &= 14611425,17 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0,083 \cdot (a.d/b+2) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,083 \cdot (40.1937,5/8958+2) \cdot \sqrt{35} \cdot 8958 \cdot 1937,5 \cdot 0,6 \\
 &= 54466387,48 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,33 \cdot \sqrt{35} \cdot 8958 \cdot 1937,5 \cdot 0,6 = 20536620 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil $\phi \cdot V_c$ terkecil

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &> P \text{ (tekan)} \\
 14611425,17 \text{ N} &> 4497600 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \text{ (perlu)} \cdot f_y \text{ (tulangan)} = \frac{P}{\phi}$$

$$A_s \text{ (perlu)} = \frac{P \text{ (tarik)}}{\phi \cdot f_y \text{ (tulangan)}}$$

$$A_s \text{ (perlu)} = \frac{796100}{0,7 \cdot 390} = 2916 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 10.13.7.3)

“Batang tulangan longitudinal yang berada dalam spiral tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas netto penampang beton”

$$\begin{aligned} \text{As (perlu)} &= 0,01 \times \text{luas netto penampang beton} \\ &= 0,01 \times 876 \\ &= 6027 \text{ mm}^2 \text{ (Menentukan)} \end{aligned}$$

Jadi dipasang 12 D 25 (As = 6037,7 mm²)

d. Panjang Penyaluran

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 12.3), Panjang penyaluran dalam kondisi tekan dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L_{dh} &= db \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \\ &= 25 \frac{0,24 \cdot 390}{1 \cdot \sqrt{35}} = 395 \text{ mm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} 0,004 \cdot db \cdot f_y &= 0,004 \cdot 25 \cdot 390 \\ &= 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran kondisi tekan = 395 mm

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 12.2), Panjang penyaluran dalam kondisi tarik dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L_{dh} &= db \frac{f_y \cdot \alpha \cdot \beta}{1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \lambda} \\ &= 25 \frac{390 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 1} = 989 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran kondisi tekan = 989 mm

Sehingga dipakai panjang = 1000 mm

e. Kebutuhan Base Plate

Pada tiang pancang 900 mm diketahui data perencanaan sebagai berikut:

D tiang	= 900 mm	BJ beton	= 2500 kg/m ³
T plat	= 10 mm	BJ baja	= 7850 kg/m ³
L	= 1500 mm		

$$F_e = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan ijin pengait A307 dengan mutu normal)}$$

Maka;

Berat yang dipikul oleh base plate adalah

$$\begin{aligned} P &= A \cdot (T_{\text{plat}} \cdot B_{\text{J baja}} + B_{\text{J beton}} \cdot L) \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (0,876)^2 \cdot (0,01 \cdot 7850 + 2500 \cdot 1,5) \\ &= 2307,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait base plate:

$$\begin{aligned} A &= P / F_e \\ &= 2307,4 / 1600 \\ &= 1,442 \text{ cm}^2 = 144,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 4 pengait, Maka A_s tiap pengait adalah:

$$A_s = 144,2 \text{ mm}^2 / 4 = 36,1 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai pengait 4Ø8 (A_s tiap pengait = 50,3 mm²)

f. Jarak Shear Ring

Direncanakan menggunakan shear ring dengan D13

$$S \cdot \sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot D_d < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot D_d$$

$$S < (0,85 \cdot 35 \cdot 25) / \sqrt{35 \cdot 6}$$

$$S < 754 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan sengkang D13-200

g. Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E_{60xxx} dengan $\sigma = 422 \text{ MPa}$

Ketebalan las direncanakan 5mm

Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan las} &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma \\ &= (\pi \cdot 1937,5 \text{ mm}) \cdot 5 \text{ mm} \cdot 422 \text{ MPa} \\ &= 12843223 \text{ N} \end{aligned}$$

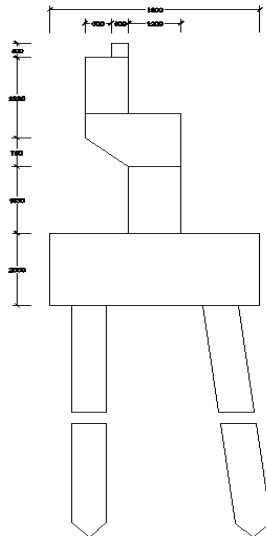
Syarat,

Kekuatan las > P(tekan)
 12843223 N > 4497600 N (OK)

Tabel 8. 5 Panjang Penyaluran Dan Base Plate

Letak	Diameter Tiang (mm)	Tebal Tiang (mm)	Diameter Tulangan Penyaluran	Diameter Spiral (mm)	Panjang Penyaluran (mm)	Base Plate
Abutment (1)	900	19	12 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8
Abutment (2)	900	16	13 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8

8.2.8. Perencanaan Tulangan Abutmen



Gambar 8.19 Segmen Abutment

Tulangan Pile Cap

Untuk momen pada Pile Cap didapat dari analisa Sap2000

- Tulangan Arah Vertikal

$$M_u = 2147310 \text{ Nmm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$D \text{ tulangan} = 32 \text{ mm}$$

$$h = 2000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' - D \text{ tulangan} \\ &= 2000 - 50 - 32 \\ &= 1918 \text{ mm} \\ &= 1,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2147310}{0,8} = 2684138 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2684138}{1000 \times 1918^2} = 0,001 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 75\% \times 0,037 \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,003}{390}} \right) \\ &= 0,000002 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,004$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 1918 \\ &= 6885,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D32- 100** ($A_s = 8042 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Arah Horizontal

$$\begin{aligned} M_u &= 2467589 \text{ Nmm} \\ f_c' &= 35 \text{ MPa} \\ f_y &= 390 \text{ MPa} \\ D \text{ tulangan} &= 32 \text{ mm} \\ h &= 2000 \text{ mm} \\ d' &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' - D \text{ tulangan} \\ &= 2000 - 50 - 32 \\ &= 1918 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2467589}{0,8} \\ &= 3084487 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{3084487}{1000 \times 1918^2} \\ &= 0,001 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,004\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 75\% \times 0,037 \\ &= 0,028\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,001}{390}} \right) \\ &= 0,000003\end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka digunakan $\rho_{\text{min}} = 0,004$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 1918 \\ &= 6885,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D32- 100** ($A_s = 8042 \text{ mm}^2$)

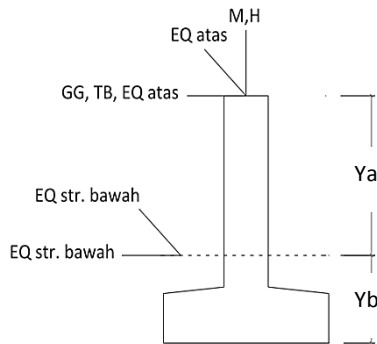
Tabel 8.6 Resume Kebutuhan Tulangan Abutment

Letak	Tulangan	As (perlu)	As (terpasang)	Tulangan (terpasang)
		(mm ²)	(mm ²)	
L stoper 1	Tulangan Vertikal	1188.2	1418	D 19 - 200
	Tulangan Horizontal	1188.2	1418	D 19 - 200
L stoper 2	Tulangan Vertikal	3306.2	4403	D 29 - 150
	Tulangan Horizontal	4403.5	4403	D 29 - 150
Korbel	Tulangan Vertikal	7613.8	8807	D 29 - 150
	Tulangan Horizontal	7613.8	8807	D 29 - 150
Kolom	Tulangan Vertikal	4024.1	4403	D 29 - 150
	Tulangan Horizontal	4024.1	4403	D 29 - 150
Pile Cap	Tulangan Vertikal	6885.1	8042	D 32 - 100
	Tulangan Horizontal	6885.1	8042	D 32 - 100

8.3. Perencanaan Pilar

8.3.1. Pembebanan

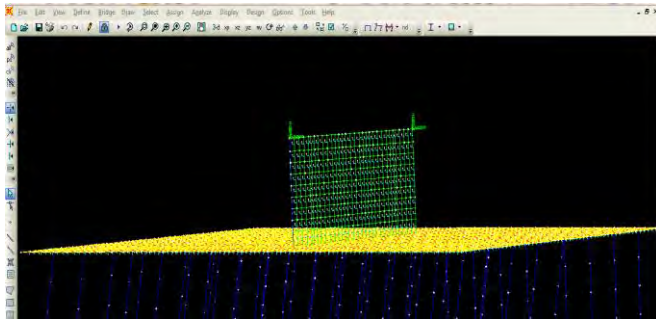
Beban pada pilar terdiri dari beban yang terjadi dari bangunan atas yang telah dianalisa dengan program bantu SAP dapat diketahui hasil reaksi pada perletakan dalam kondisi beban layan dan beban akibat pembebanan bangunan bawah



Gambar 8. 20 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Pilar

Dimana : M = Beban mati (*dead load*)
 H = Beban hidup (*live load*)
 Tb = Gaya rem (*traffic load*)
 Pd = Beban angin (*wind load*)
 Ef = Aliran/benda hanyutan
 Eq = Gaya gempa (*earthquake*)

1. Beban Mati (bangunan atas)
 - $V = 1439530,19 \text{ kg}$
 - $Hx = 1370415,12 \text{ kg}$
 - $Hy = 3909,29 \text{ kg}$



Gambar 8.21 Hasil Input Beban Mati

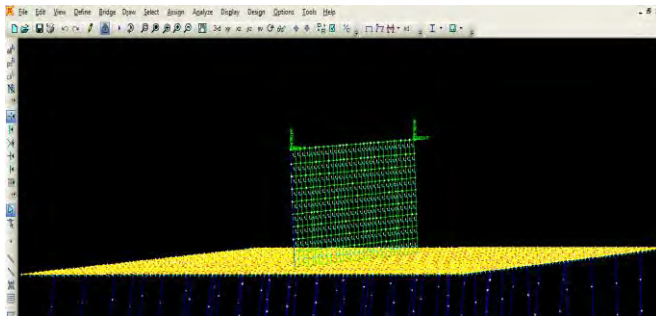
Sumber: Analisa Pemodelan

2. Beban Hidup (BGT)

$$V = 37189,47 \text{ kg}$$

$$H_x = 36581,5 \text{ kg}$$

$$H_y = 862,72 \text{ kg}$$



Gambar 8.22 Hasil Input Beban BGT

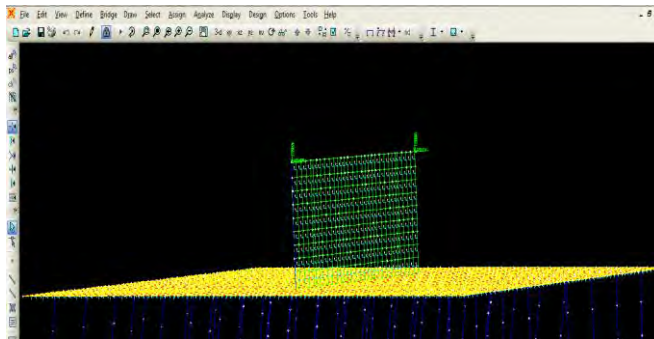
Sumber: Analisa Pemodelan

3. Beban Hidup (BTR)

$$V = 408785,59 \text{ kg}$$

$$H_x = 379920,17 \text{ kg}$$

$$H_y = 1345,8 \text{ kg}$$



Gambar 8.23 Hasil Input Beban BTR

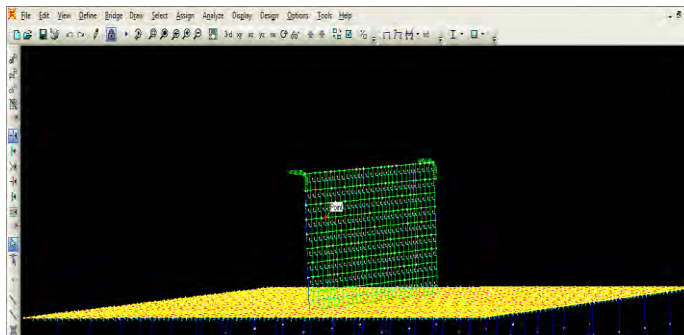
Sumber: Analisa Pemodelan

4. Beban Rem

$$V = 232,27 \text{ kg}$$

$$H_x = 17259,42 \text{ kg}$$

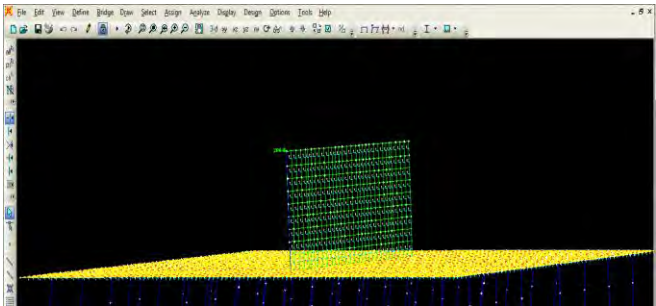
$$H_y = 1204,86 \text{ kg}$$



Gambar 8.24 Hasil Input Beban Rem

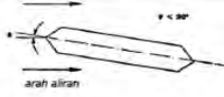



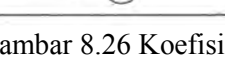


Sumber: Analisa Pemodelan

5. Beban Angin



Gambar 8.25 Hasil Input Beban Angin
Sumber: Analisa Pemodelan

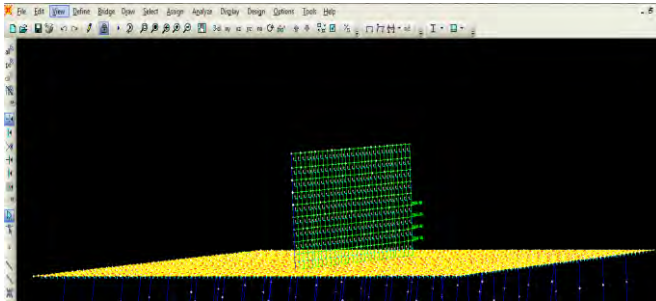
6. Gaya Seret Pada Pier Akibat Aliran
 $V_s = 3 \text{ m/s}$
 $A_d = M_{ab} \times b \text{ pilar}$
 $= 0,5 \times 1,6$
 $= 0,8 \text{ m}^2$

Bentuk Pilar	Koefisien Seret C_D	Koefisien Angkat C_L	
	0.8	θ	C_L
	1.4	0°	0
		5°	0.5
		10°	0.8
		20°	0.9
		≥ 30°	1.0
	0.7	Tidak bisa dipakai	

Gambar 8.26 Koefisien Seret Untuk Pilar
Sumber: RSNI T-02-2005 Gambar 12

Gaya seret pier akibat aliran air dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} T_{ef} &= 0,5 \times C_d \times V_s^2 \times A_d \\ &= 0,5 \times 1,4 \times 3^2 \times 0,8 \\ &= 5 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 8.27 Hasil Input Beban Aliran

Sumber: Analisa Pemodelan

7. Tumbukan dengan batang kayu

$$\begin{aligned} V_a &= 1,4 V_s \\ &= 1,4 \times 3 = 4,2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$T_{ef} = M \times (V_a^2 / d)$$

Dimana:

M = Masa batang kayu = 2 ton

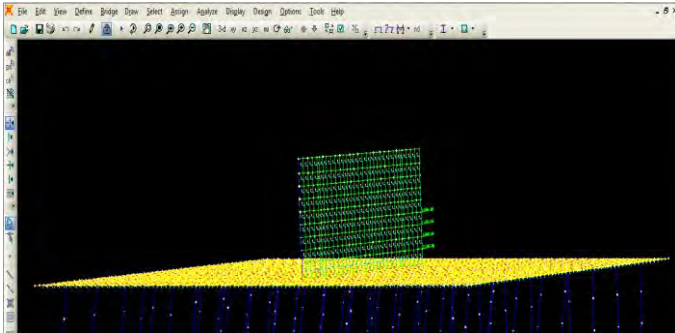
V_a = Kecepatan air permukaan (m/dt) pada keadaan batas yang ditinjau. Dalam hal tidak adanya penyelidikan terperinci mengenai bentuk diagram kecepatan dilokasi jembatan, V_a bias diambil 1,4 kali kecepatan rata-rata V_s .

d = Lendutan elastis ekuivalen (m)

Tabel 8.7 Lendutan Ekuivalen Untuk Tumbukan Batang Kayu

Tipe Pilar	d (m)
Pilar beton masif	0.075
Tiang beton perancah	0.150
Tiang kayu perancah	0.300

$$\begin{aligned}
 T_{ef} &= M \times (V a^2 / d) \\
 &= 0,2 \times (4,2^2 / 0,075) \\
 &= 47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

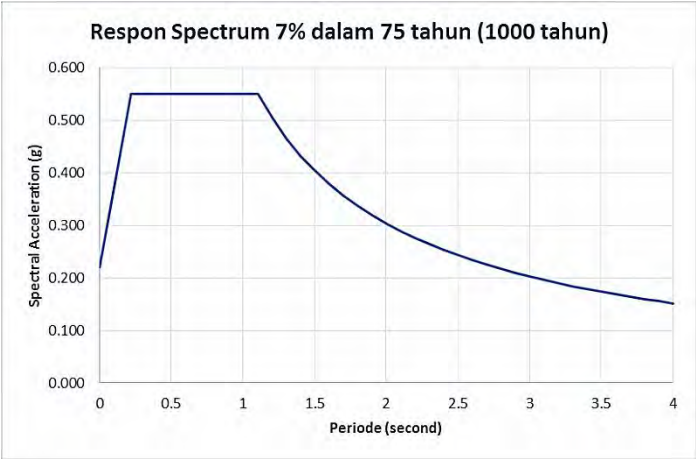


Gambar 8.28 Hasil Input Beban Tumbukan Batang Kayu

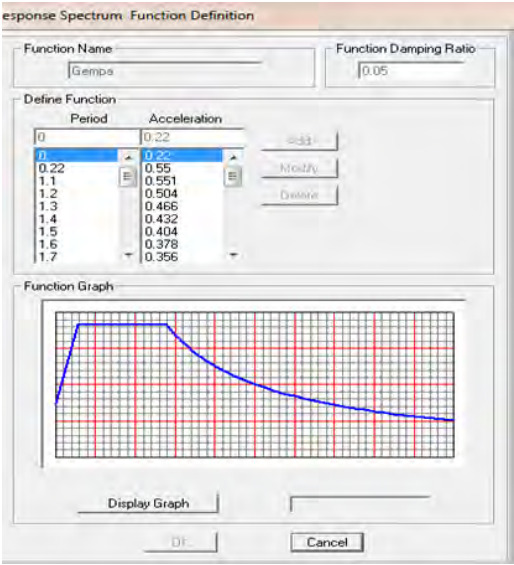
Sumber: Analisa Pemodelan

8. Beban Gempa

Seperti pembebanan pada bab Struktur Utama beban gempa menggunakan respon spektrum menurut RSNI 2833:2013 (Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa) yang di input ke program bantu Sap 2000.

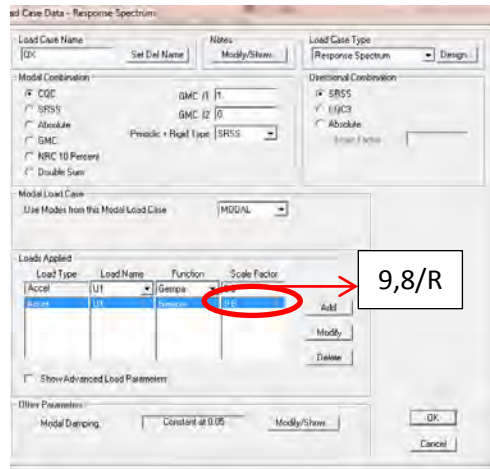


Gambar 8. 29 Garfik Respon Spektrum 7% Dalam 75 Tahun



Gambar 8. 30 Input Grafik Respon Spektrum Pada Sap

Koefisien R pada gempa jembatan
RSNI Gempa Jembatan 2833:2013 pada tabel 7 , Faktor
modifikasi respon (R) = 1



Gambar 8. 31 Input Koefisien Modifikasi Respon Pada Sap

8.3.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada pilar berdasarkan RSNI T-02-2005.

Tabel 8. 8 Kombinasi Beban Perencanaan Untuk Tegangan Kerja

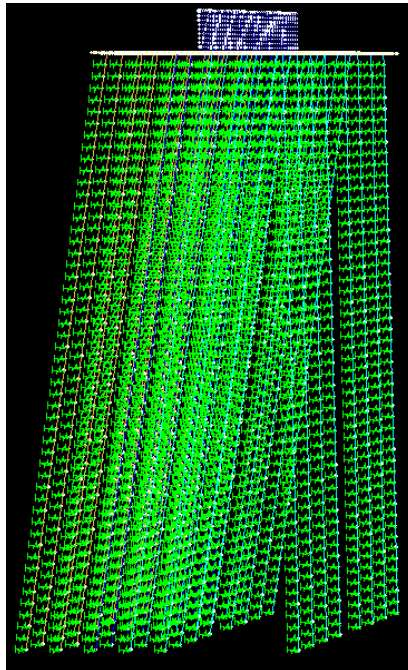
Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan r_{ds}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

Dimana : Berat sendiri (MS)

Beban mati tambahan (MA)
 Beban lajur "D" (TD)
 Gaya rem (TB)
 Temperatur (ET)
 Baban angin (EW)
 Aliran/Benda hanyutan (EF)
 Beban Gempa (EQ)

- Kombinasi:
- 1). $1MS+1MA+1TD+1TB+1EF$
 - 2). $1MS+1MA+1TD+1TB+1ET+1EF$
 - 3). $1MS+1MA+1TD+1TB+1EF+1EW$
 - 4). $1MS+1MA+1TD+1TB+1ET+1EF+1EW$
 - 5). $1MS+1MA+1EF+1QX+0,3QY$
 - 6). $1MS+1MA+1EF+0,3QX+1QY$

8.3.3. Pemodelan Struktur



Gambar 8. 32 Pemodelan Struktur Pilar

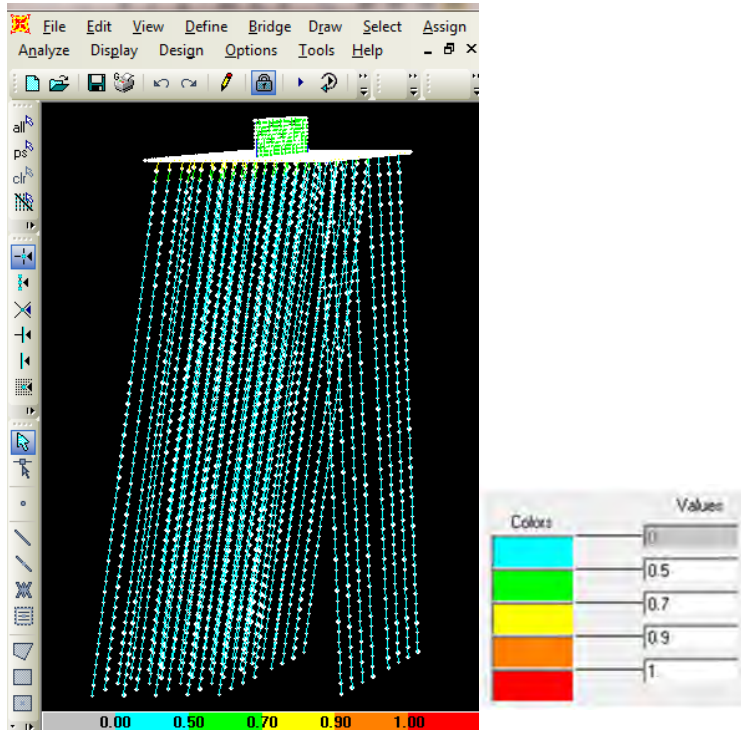
Tabel 8.9Tabel Perhitungan Gaya Spring Pada Tiang Pancang

Depth	N	Eo = 28N	D = 0,9 m	D = 0,9 m	D = 0,9 m	D = 0,9 m
			(Subgrade reaction) ko = 0,2. Eo.D ^{-0.75}	y= 1 cm k = ko.y-0,5	kV = ko * A	lx=ky
(m)		kg/cm2	kg/cm3	kg/cm3	t/m	t/m
0	0					
-1	8	224	1.53	1.53	975.37	1379.87
-2	7	182	1.25	1.25	792.49	1121.15
-3	5	133	0.91	0.91	579.13	819.30
-4	3	84	0.57	0.57	365.77	517.45
-5	13	364	2.49	2.49	1584.98	2242.29
-6	23	644	4.41	4.41	2804.20	3967.13
-7	23	630	4.31	4.31	2743.24	3880.89
-8	22	616	4.22	4.22	2682.28	3794.65
-9	23	630	4.31	4.31	2743.24	3880.89
-10	23	644	4.41	4.41	2804.20	3967.13
-11	21	588	4.02	4.02	2560.36	3622.16
-12	19	532	3.64	3.64	2316.51	3277.19
-13	15	406	2.78	2.78	1767.86	2501.02
-14	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-15	8	210	1.44	1.44	914.41	1293.63
-16	5	140	0.96	0.96	609.61	862.42
-17	6	154	1.05	1.05	670.57	948.66
-18	6	168	1.15	1.15	731.53	1034.90
-19	7	182	1.25	1.25	792.49	1121.15
-20	7	196	1.34	1.34	853.45	1207.39
-21	6	154	1.05	1.05	670.57	948.66
-22	4	112	0.77	0.77	487.69	689.94
-23	5	140	0.96	0.96	609.61	862.42
-24	6	168	1.15	1.15	731.53	1034.90
-25	7	196	1.34	1.34	853.45	1207.39
-26	8	224	1.53	1.53	975.37	1379.87
-27	9	238	1.63	1.63	1036.33	1466.11
-28	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-29	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-30	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-31	11	294	2.01	2.01	1280.18	1811.08
-32	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-33	11	294	2.01	2.01	1280.18	1811.08
-34	11	308	2.11	2.11	1341.14	1897.32
-35	11	294	2.01	2.01	1280.18	1811.08
-36	10	280	1.92	1.92	1219.22	1724.84
-37	10	266	1.82	1.82	1158.26	1638.60
-38	9	252	1.72	1.72	1097.30	1552.36
-39	11	294	2.01	2.01	1280.18	1811.08
-40	12	336	2.30	2.30	1463.06	2069.81
-41	14	392	2.68	2.68	1706.90	2414.78
-42	16	448	3.07	3.07	1950.75	2759.74
-43	15	420	2.87	2.87	1828.83	2587.26
-44	14	392	2.68	2.68	1706.90	2414.78
-45	16	434	2.97	2.97	1889.79	2673.50
-46	17	476	3.26	3.26	2072.67	2932.23
-47	29	798	5.46	5.46	3474.77	4915.79
-48	40	1120	7.67	7.67	4876.87	6899.36
-49	44	1218	8.34	8.34	5303.59	7503.05
-50	47	1316	9.01	9.01	5730.32	8106.74
-51	35	980	6.71	6.71	4267.26	6036.94

Sumber: Analisa Perhitungan

8.3.4. Analisa Struktur

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program/software SAP 2000 versi 14.0 sehingga menghasilkan gaya-gaya dalam dan momen yang terjadi termasuk penulangan yang diperlukan pada masing-masing elemen.



Gambar 8. 33 Stress Ratio Pada Tiang Pancang Pilar

Steel Pipe Pile Ø 900 = 0,882

Sumber: Analisa Pemodelan

8.3.5. Perhitungan Struktur Pondasi

Berdasarkan Data tanah yang ada, bahwa tanah dasar yang ada di lapangan merupakan tanah yang lunak, maka tiang pancang harus dimasukkan cukup dalam untuk mendapatkan daya dukung yang cukup menahan *abutment*. Dengan demikian pemodelan tersebut diharapkan dapat mendekati kondisi yang sebenarnya.

1. Data Tanah

2. Material Pondasi

Tiang pondasi pada struktur abutmen direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang dari baja. Pondasi tiang pancang yang dipakai adalah Steel Pipe Pile (ASTM A 252 / JIS A 5525)

3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Reference :

Kazuto Nakayasu – Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi – 1990)

- Data Tiang Pancang

Diameter tiang pancang $D_p = 0,90\text{m}$

Tebal tiang pancang $= 0,02\text{ m}$

Keliling tiang, $U_p = \pi \times D$ $= 2,83\text{ m}$

Berat tiang $= 420\text{ kg/m}$

Luas tiang pancang, $A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,636\text{ m}^2$

- Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang

a. Gaya geser maksimum dinding tiang (R_f)

$$R_f = U_p \times \Sigma (l_i \times f_i)$$

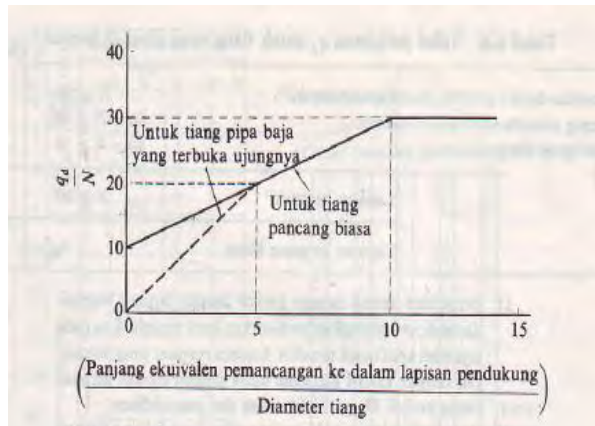
b. Daya dukung pada ujung tiang (R_t)

$$R_t = q_d \times A$$

$$l/D = 4$$

$$l = 3,6\text{ m (Panjang penetrasi tiang)}$$

$$D = 0,9\text{ m (Diameter ujung tiang)}$$



Gambar 8.34 Diagram Perhitungan Dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang

- c. Daya dukung ultimate tiang (R_u)

$$R_t = R_f + R_t$$

- d. Daya dukung ijin tiang (R_a)

$$R_a = (R_u / S_f) - W_p$$

4. Resume

Tabel 8. 11 Resume Kemampuan Tiang Pancang Pilar

No	Lokasi	Tiang Pancang	Panjang (m)	PERSYARATAN								TERJADI			
				P Ijin Beban Tetap				P Ijin Beban Sementara				P Beban Tetap		P Beban Sementara	
				P tekan (t)		P cabut (t)		P tekan (t)		P cabut (t)		P tekan (t)	Momen (Tm)	P tekan (t)	Momen (Tm)
				(SF = 3)	(SF = 3)	(SF = 3)	(Tm)	(SF = 2)	(SF = 2)	(SF = 2)	(Tm)				
1	Pilar 1	Pipe Steel Pile Ø 90 cm	51.00	312.48	151.31	312.20	312.20	468.72	226.97	468.30	468.30	303.32	0.00	136.20	303.35
2	Pilar 2	Pipe Steel Pile Ø 90 cm	54.00	356.63	295.56	220.76	220.76	534.95	443.34	331.14	346.94	0.00	162.97	347.00	162.90

8.3.6. Kontrol Gese Pada Kolom Pilar

Perhitungan control geser pons 1 arah pada kolom pilar adalah sebagai berikut:

$V = 2326,47$ Ton (Out Put SAP 2000)

Direncanakan :

b kolom = 6000 mm

d kolom = 6000 mm

f_c' beton = 35 MPa

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c} \cdot B \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6000 \text{ mm} \cdot 6000 \text{ mm} \\ &= 35496479 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi \cdot V_c \\ 23264741 \text{ N} &\leq 0,77 \cdot 35496479 \text{ N} \\ 23264741 \text{ N} &< 24847535 \text{ N} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

8.3.7. Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate

Diketahui data rencana sebagai berikut:

D tiang	= 914 mm	
D dalam tiang	= 882 mm	
D. tul. penyaluran	= 25 mm	
Tebal tiang	= 16 mm	
Tinggi pile cap (h)	= 2000 mm	
Cover (d)	= 50 mm	
d efektif	= 1937.5 mm	
f_c'	= 35 MPa	
f_y	= 390 MPa	
ϕ	= 0,7	
P (tekan)	= 3033500 N	(Out put SAP 2000)
P (tarik)	= 0 N	(Out put SAP 2000)

a. Kontrol Kekuatan Beton Dalam Tiang

$$P (\text{beton dalam tiang}) = A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c'$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 882^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 35 \\
 &= 12723660 \text{ N} \\
 P \text{ (beton dalam tiang)} &> P \text{ (tekan)} \\
 12723660 \text{ N} &> 3033500 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol Geser Pons

Keliling bidang geser

$$\begin{aligned}
 b_o &= \pi \cdot (d \text{ tiang} + d \text{ efektif}) \\
 &= \pi \cdot (914 + 1937,5) = 8958 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek bidang geser

$$\beta = 1,4$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0,17 \cdot (1+2/\beta) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,17 \cdot (1+2/1,4) \cdot \sqrt{35} \cdot 8958 \cdot 1937,5 \cdot 0,6 \\
 &= 24955796,98 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0,083 \cdot (a \cdot d/b + 2) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,083 \cdot (40 \cdot 1937,5/8958 + 2) \cdot \sqrt{35} \cdot 8958 \cdot 1937,5 \cdot 0,6 \\
 &= 54466387,48 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,33 \cdot \sqrt{35} \cdot 8958 \cdot 1937,5 \cdot 0,6 = 20536620 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil $\phi \cdot V_c$ terkecil

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &> P \text{ (tekan)} \\
 20536620 \text{ N} &> 3033500 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \text{ (perlu)} \cdot f_y \text{ (tulangan)} = \frac{P}{\phi}$$

$$A_s \text{ (perlu)} = \frac{P \text{ (tarik)}}{\phi \cdot f_y \text{ (tulangan)}}$$

$$A_s \text{ (perlu)} = \frac{0}{0,7 \cdot 390} = 0 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 10.13.7.3)

“Batang tulangan longitudinal yang berada dalam spiral tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas netto penampang beton”

$$\begin{aligned} As (\text{perlu}) &= 0,01 \times \text{luas netto penampang beton} \\ &= 0,01 \times 882 = 6109 \text{ mm}^2 \text{ (Menentukan)} \\ \text{Jadi dipasang } 12 \text{ D } 25 \text{ (As} &= 6136 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

d. Panjang Penyaluran

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 12.3), Panjang penyaluran dalam kondisi tekan dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L_{dh} &= db \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \\ &= 25 \frac{0,24 \cdot 390}{1 \cdot \sqrt{35}} = 395 \text{ mm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} 0,004 \cdot db \cdot f_y &= 0,004 \cdot 25 \cdot 390 \\ &= 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran kondisi tekan = 395 mm

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 12.2), Panjang penyaluran dalam kondisi tarik dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L_{dh} &= db \frac{f_y \cdot \alpha \cdot \beta}{1,7 \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot \lambda} \\ &= 25 \frac{390 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 1} = 989 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran kondisi tekan = 989 mm

Sehingga dipakai panjang = 1000 mm

e. Kebutuhan Base Plate

Pada tiang pancang 900 mm diketahui data perencanaan sebagai berikut:

D tiang	= 900 mm	BJ beton	= 2500 kg/m ³
T plat	= 10 mm	BJ baja	= 7850 kg/m ³
L	= 1500 mm		

$F_e = 1600 \text{ kg/cm}^2$ (tegangan ijin pengait A307 dengan mutu normal)

Maka;

Berat yang dipikul oleh base plate adalah

$$\begin{aligned} P &= A \cdot (T \text{ plat} \cdot B_j \text{ baja} + B_j \text{ beton} \cdot L) \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (0,882)^2 \cdot (0,01 \cdot 7850 + 2500 \cdot 1,5) \\ &= 2339,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait base plate:

$$\begin{aligned} A &= P / F_e \\ &= 2339,1 / 1600 \\ &= 1,462 \text{ cm}^2 = 146,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 4 pengait, Maka A_s tiap pengait adalah:

$$A_s = 146,2 \text{ mm}^2 / 4 = 36,5 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai pengait 4Ø8 (A_s tiap pengait = 50,3 mm²)

f. Jarak Shear Ring

Direncanakan menggunakan shear ring dengan D13

$$S \cdot \sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot Dd < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot Dd$$

$$S < (0,85 \cdot 35 \cdot 25) / \sqrt{35} \cdot 6$$

$$S < 754 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan sengkang D13-200

g. Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E_{60xxx} dengan $\sigma = 422 \text{ MPa}$

Ketebalan las direncanakan 5mm

Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut:

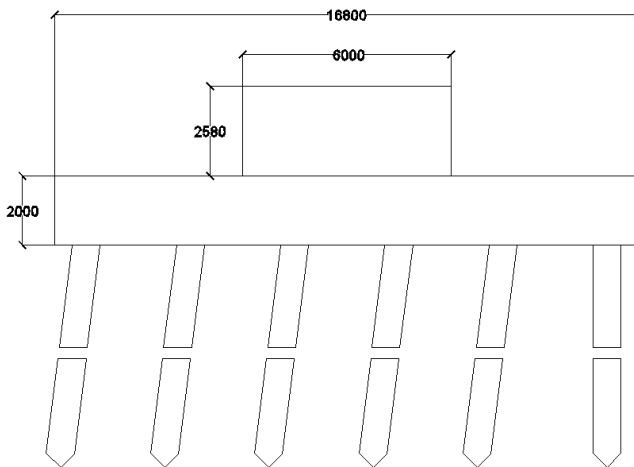
$$\begin{aligned} \text{Kekuatan las} &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma \\ &= (\pi \cdot 1937,5 \text{ mm}) \cdot 5 \text{ mm} \cdot 422 \text{ MPa} \\ &= 12843223 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat,
Kekuatan las > P(tekan)
12843223 N > 3033500 N (OK)

Tabel 8.12 Resume Panjang Penyaluran Dan Base Plate

Letak	Diameter Tiang (mm)	Tebal Tiang (mm)	Diameter Tulangan	Diameter Spiral	Panjang Penyaluran (mm)	Base Plate
Pilar (1)	900	16	13 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8
		14	13 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8
		12	13 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8
Pilar (2)	900	19	12 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8
		14	13 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8
		12	13 D 25	Ø 13 - 200	1000	4 Ø 8

8.3.8. Perencanaan Tulangan Pilar



Gambar 8.35 Segmen Pilar

Tulangan Kolom

Untuk momen pada kolom didapat dari analisa Sap2000

- Tulangan longitudinal

$$A_{st \text{ longitudinal}} = 360000 \text{ mm}^2$$

Direncanaan:

Cover = 50 mm

b (lebar kolom) = 6000 mm

d (tinggi kolom) = 6000 mm

d' (tinggi efektif) = 5860 mm

D (longitudinal) = 40 mm

D (transversal) = 29 mm

Maka, $A_{st \text{ terpasang}} = 296 \text{ D } 40 \text{ mm}$ ($A_{st} = 371965 \text{ mm}^2$)

Kontrol, $A_{st \text{ terpasang}} > A_{st \text{ perlu}}$

$$371965 \text{ mm}^2 > 360000 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Tulangan 1 sisi = 74 buah

Kontrol jarak tulangan

$$= b - \text{cover} - (2 \times D_{\text{transversal}}) - D_{\text{longitudinal}} \\ = 5812 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan kotor} = 5812 / 74 = 78,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih tulangan} = 78,5 - 40 = 39 \text{ mm}$$

- Tulangan transversal

$$\begin{aligned} \text{Ast longitudinal} &= 5.344 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 5344 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Direncanaan:

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$b \text{ (lebar kolom)} = 6000 \text{ mm}$$

$$d \text{ (tinggi kolom)} = 6000 \text{ mm}$$

$$d' \text{ (tinggi efektif)} = 5860 \text{ mm}$$

$$D \text{ (longitudinal)} = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ (transversal)} = 29 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, Ast terpasang} = D \text{ 29} - 100 \text{ mm (Ast} = 6605 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Kontrol, Ast terpasang} > \text{Ast perlu}$$

$$6605 \text{ mm}^2 > 5344 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Tulangan Pile Cap

Untuk momen pada Pile Cap didapat dari analisa Sap2000

- Tulangan Arah Vertikal

$$M_u = 39862830 \text{ Nmm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$D \text{ tulangan} = 32 \text{ mm}$$

$$h = 2000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - D \text{ tulangan}$$

$$= 2000 - 50 - 32$$

$$= 1918 \text{ mm}$$

$$= 1,9 \text{ m}$$

$$m = \frac{f_y}{\frac{0,85 \times f_{c'} \times 390}{0,85 \times 35}} = 13,1$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{39862830}{0,8} = 49828538 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{49828537.5}{1000 \times 1918^2} = 0,014 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 75\% \times 0,037 \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,014}{390}} \right) \\ &= 0,000035 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan

$$\rho_{\min} = 0,004$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 1918 \\ &= 6885,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D32- 100** ($A_s = 8042 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Arah Horizontal

$$\begin{aligned} M_u &= 23363565 \text{ Nmm} \\ f_c' &= 35 \text{ MPa} \\ f_y &= 390 \text{ MPa} \\ D \text{ tulangan} &= 32 \text{ mm} \\ h &= 2000 \text{ mm} \\ d' &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' - D \text{ tulangan} \\ &= 2000 - 50 - 32 \\ &= 1918 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{23363565}{0,8} \\ &= 29204456 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{29204456}{1000 \times 1918^2} \\ &= 0,008 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600+390} \right) \\
 &= 0,037 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004 \\
 \rho_{\max} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,037 \\
 &= 0,028 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,008}{390}} \right) \\
 &= 0,00002
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,004$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 1000 \times 1918 \\
 &= 6885,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D32- 100 ($A_s = 8042 \text{ mm}^2$)**

Tabel 8.13 Resume Kebutuhan Tulangan Pilar

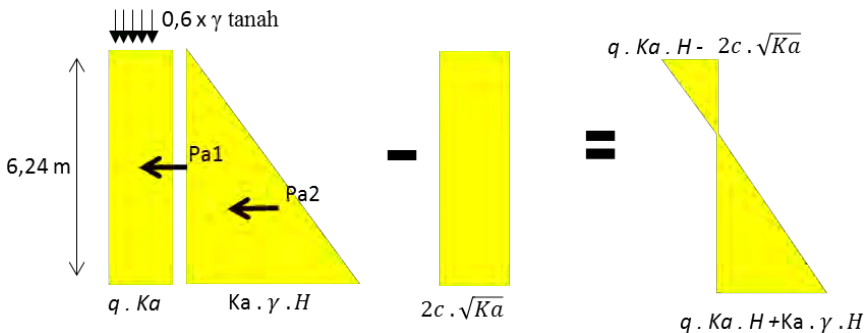
Letak	Tulangan	As (perlu)	As (terpasang)	Tulangan (terpasang)
		(mm ²)	(mm ²)	
Kolom	Tulangan Longitudinal	360000	371965	296 D 40
	Tulangan Transversal	5344	6605	D 29 - 100
Pile Cap	Tulangan Vertikal	6885.1	8042	D 32 - 100
	Tulangan Horizontal	6885.1	8042	D 32 - 100
Pelat Penghubung	Tulangan Vertikal	3331.3	3801	D 22 - 100
	Tulangan Horizontal	3331.3	3801	D 22 - 100

8.4. Perencanaan Wingwall

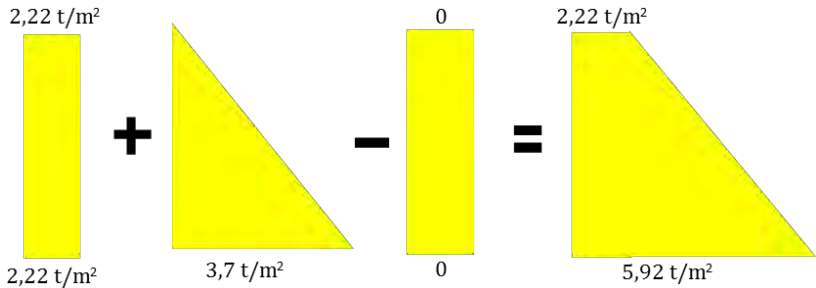
8.4.1. Pembebanan

Tekanan Tanah

- Berat tanah timbunan
 γ (tanah timbunan) = $1,78 \text{ t/m}^3$
 H (tanah timbunan) = $5,24 \text{ m}$
 W (tanah timbunan) = $\gamma \times H$
 $= 1,78 \text{ t/m}^3 \times 5,24 \text{ m}$
 $= 9,33 \text{ t/m}^2$
- Tekanan tanah aktif
 γ (tanah timbunan) = $1,78 \text{ t/m}^3$
 ϕ = 30°
 C (tanah timbunan) = 0
 H abutmen = $7,24 \text{ m}$
 K_a = $\tan^2(45 - \phi/2)$
 $= \tan^2(45 - 15) = 0.33$



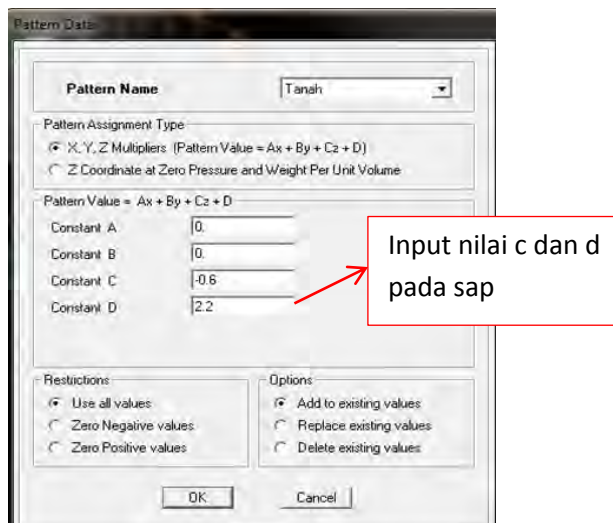
Gambar 8.36 Distribusi Tekanan Tanah Aktif (menurut Rankine)



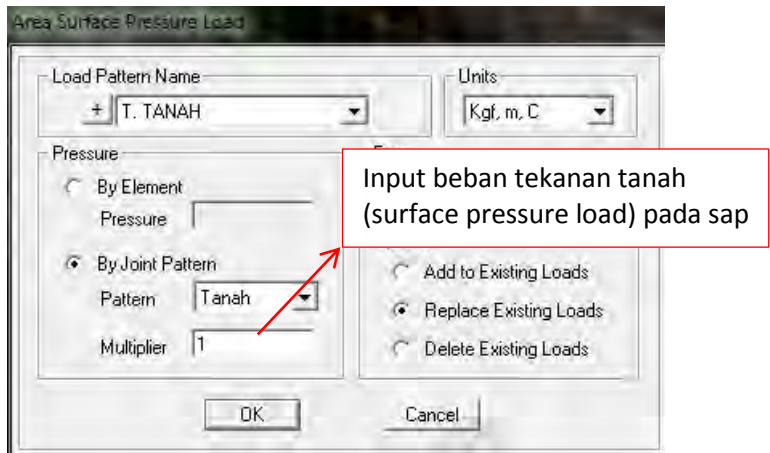
Gambar 8.37 Hasil Perhitungan Distribusi Tekanan Tanah Aktif

Dari total hasil perhitungan distribusi tekanan tanah aktif , kemudian dihitung koefisien C dan D dengan rumus substitusi. Setelah itu koefisien C dan D di masukkan ke program bantu sap.

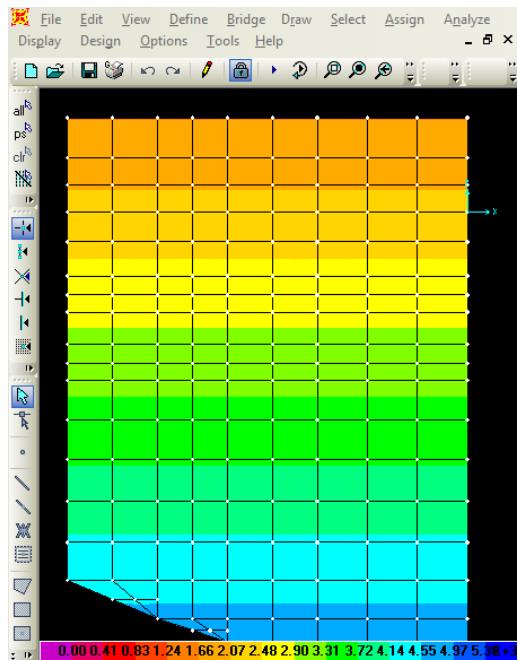
$$\begin{aligned} E_{a1} &= Cz + D & 2.2 &= 0 C + D \\ E_{a2} &= Cz + D & 5.9 &= -6.24 C + D \\ -0.6 &= C \\ 2.2 &= D \end{aligned}$$



Gambar 8.38 Input Nilai C dan D Pada SAP

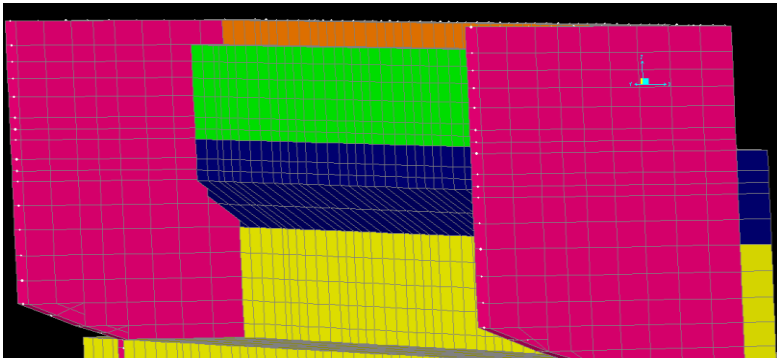


Gambar 8.40 Input Beban Tekanan Tanah



Gambar 8.39 Hasil Input Beban Tekanan Tanah

8.4.2. Pemodelan Struktur



Gambar 8.41 Pemodelan Struktur Wingwall

8.4.3. Perencanaan Tulangan Wingwall

Untuk momen pada dinding wingwall didapat dari analisa Sap2000

- Tulangan Arah Vertikal

$$M_u = 407326 \text{ Nmm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$D \text{ tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - D \text{ tulangan}$$

$$= 300 - 50 - 16$$

$$= 234 \text{ mm}$$

$$= 0,234 \text{ m}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{390}{0,85 \times 35}$$

$$= 13,1$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{407326,37}{0,8} \\
 &= 509158 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{509158}{1000 \times 234^2} \\
 &= 0,009 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,03 \\
 &= 0,025
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,009}{390}} \right) \\
 &= 0,000024
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka digunakan $\rho_{\text{min}} = 0,004$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 1000 \times 234 \\
 &= 840 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D16- 200** ($A_s = 1005 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Arah Horizontal

$$\begin{aligned}
 M_u &= 393931 \text{ Nmm} \\
 f_c' &= 35 \text{ MPa} \\
 f_y &= 390 \text{ MPa} \\
 D \text{ tulangan} &= 16 \text{ mm} \\
 h &= 300 \text{ mm} \\
 d' &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' - D \text{ tulangan} \\
 &= 300 - 50 - 16 \\
 &= 234 \text{ mm} \\
 &= 0,234 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{407326,37}{0,8} \\
 &= 509158 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{509158}{1000 \times 234^2} \\
 &= 0,009 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600+390} \right) \\
 &= 0,03 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004 \\
 \rho_{\max} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,03 \\
 &= 0,025 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,009}{390}} \right) \\
 &= 0,000023
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan

$$\rho_{\min} = 0,004$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 1000 \times 234 \\
 &= 840 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah horizontal digunakan **D16- 200 (As = 1005 mm²)**

8.5. Perencanaan Plat Injak

Pelat injak merupakan konstruksi yang terletak menempel pada abutment, dengan ditumpu pada satu sisi oleh konsol abutment. Fungsi pelat injak adalah mencegah terjadinya penurunan pada oprit jembatan.

8.5.1. Analisa Plat Injak

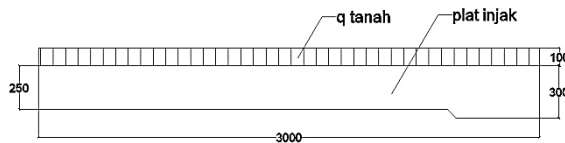
Konstruksi pelat injak jembatan ini direncanakan terbuat dari beton bertulang dengan mutu beton $f_c' = 30$ Mpa dan tulangan yang dipasang adalah tulangan dengan mutu $f_{sy} = 400$ Mpa.

Menurut BMS, BDM.....Hal 3.31. Dimensi permulaan untuk pelat injak pada pondasi sumuran adalah:

- Panjang dapat diambil sebesar 3000 mm
- Tebal sebesar 300 mm

Direncanakan:

- Panjang (l) = 3000 mm
- Tinggi (h) = 300 mm
- Lebar (b) = 1000 mm
- h tanah = 100 mm



Gambar 8.42 Dimensi Plat Injak

Perhitungan momen plat injak

1. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 1 \times 0,3 \times 25 = 7,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Beban Mati Tambahan

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal} &= b \times h \times \gamma_{\text{aspal}} \\ &= 1 \times 0,07 \times 22 = 1,54 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat hujan} &= b \times h \times \gamma_{\text{hujan}} \\ &= 1 \times 0,07 \times 10 = 0,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Beban Tanah

$$q_{\text{tanah}} = b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\ = 1 \times 0,1 \times 17,8 = 1,78 \text{ kN/m}$$

4. Beban Hidup (BTR)

BTR = Untuk $L < 30 \text{ m}$

$$q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$q = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{BTR}} = q \times b_l \\ = 9 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ = 9 \text{ kN/m}$$

Kombinasi Beban

NO	AKSI/BEBAN	BEBAN (kN)	LENGAN (m)	MOMEN (kNm)	FAKTOR BEBAN	KOMBINASI (kNm)
1	Berat sendiri	7.5	1.5	11.25	1.3	14.63
2	Beban Mati Tambahan	2.24	1.5	3.36	2	6.72
3	q tanah	1.78	1.5	2.67	1.25	3.34
5	qBTR	9.00	1.5	13.5	1.8	24.30
						48.98

Sumber: Analisa Perhitungan**8.5.2. Penulangan Plat Injak**

- Data
 - $\mu_u = 14616000 \text{ Nmm}$
 - $f_c' = 30 \text{ MPa}$
 - $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - D tul. lentur = 13 mm
 - \emptyset tul. bagi = 10 mm
 - h = 300 mm
 - $d' = 40 \text{ mm}$

- Penulangan lentur

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' - D \text{ tul. lentur} - (0,5 \times \emptyset \text{ tul. bagi}) \\
 &= 300 - 40 - 13 - (0,5 \times 10) \\
 &= 242 \text{ mm} \\
 &= 0,242 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 30} \\
 &= 15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} \\
 &= \frac{48982500}{0,8} \\
 &= 61228125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{61228125}{1000 \times 242^2} \\
 &= 1,04 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,03 \\
 &= 0,025
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,040}{390}} \right)$$

$$= 0,003$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,004$

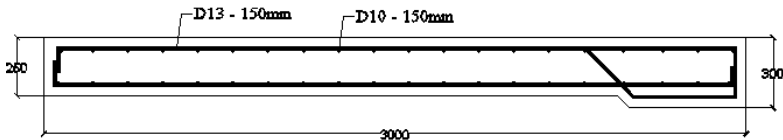
$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 242 \\ &= 868,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan lentur digunakan **D13- 150** ($A_s = 885 \text{ mm}^2$)

- Penulangan bagi

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\ &= 50\% \times 885 \text{ mm}^2 \\ &= 442,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **Ø10 – 150** ($A_{s'} = 523,3 \text{ mm}^2$)



Gambar 8.43 Detail Penulangan Plat Injak

BAB IX

METODE PELAKSANAAN

9.1. Metode Pelaksanaan Jembatan Busur Baja

Metode pelaksanaan jembatan busur box baja yang menghubungkan Trenggalek dan Teleng akan direncanakan dengan metode Balanced Kantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower, serta pemasangan menggunakan alat bantu tower crane. Adapun tahapan pekerjaannya antara lain:

1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pembuatan direksi kit, pengadaan gudang dan peralatan, pembuatan pagar proyek, pengukuran awal untuk mencari ketepatan letak dan elevasi muka tanah.



Gambar 9.1 Pembuatan Direksi Kit

Sumber: Google .com



Gambar 9.2 Pengadaan Gudang, Alat dan bahan
Sumber: Google .com



Gambar 9.3 Pembuatan Pagar Proyek
Sumber: Google .com



Gambar 9.4 Pengukuran Awal

Sumber: Google .com

2. Pekerjaan Struktur Bawah
Pembangunan jembatan dimulai dari tahapan struktur bawah, dimulai dari pemancangan, penulangan abutmen dan pilar, pemasangan bekisting dan pengecoran. Pastikan struktur bawah sudah dalam keadaan baik



Gambar 9.5 Proses Pemancangan

Sumber: Google .com



Gambar 9.6 Proses Penulangan Bangunan Bawah
Sumber: Google .com



Gambar 9.8 Pemasangan Bekisting
Sumber: Google .com



Gambar 9.7 Proses Pengecoran Bangunan Bawah
Sumber: Google .com

3. Pekerjaan Pabrikasi Gelagar

Pekerjaan persiapan gelagar-gelagar baja, meliputi pekerjaan pelapisan cat anti karat (*Galvanizing*), pemotongan dan pembengkokan baja sesuai dengan kebutuhan, serta pembautan tiap segmen gelagar.



Gambar 9.9 Proses Pabrikasi Baja

Sumber: Google .com



Gambar 9.10 Proses Galvanizing

Sumber: Google .com

4. Pemasangan Temporary Tower

Berfungsi sebagai alat bantu untuk menahan berat gelagar tiap segmen jembatan serta mempermudah pada pekerjaan pembautan, pengelasan pada segmen baja.



Gambar 9.11 Pemasangan Temporary Tower

Sumber: Google .com

5. Pemasangan Traveler

Berfungsi meletakkan segmen jembatan sesuai dengan posisinya, pemasangan traveler diawali dengan pemasangan kabel di bagian atas temporary tower yang nantinya digunakan sebagai alas berjalannya traveler



Gambar 9.12 Pemasangan Traveler

Sumber: Google .com

6. Pemasangan Crane

Berfungsi sebagai pengangkat setiap segmen jembatan menuju ke traveler untuk nantinya memposisikan segmen jembatan sesuai dengan posisinya.



Gambar 9.13 Pemasangan Crane

Sumber: Google .com

7. Mobilisasi alat atau bahan dengan Kapal Ponton

Perakitan setiap segmen jembatan dilakukan di darat, setelah itu bahan dan alat serta segmen jembatan yang sudah di rakit diangkut menggunakan kapal ponton ke lokasi pemasangan jembatan.



Gambar 9.14 Mobilisasi Menggunakan Kapal Ponton

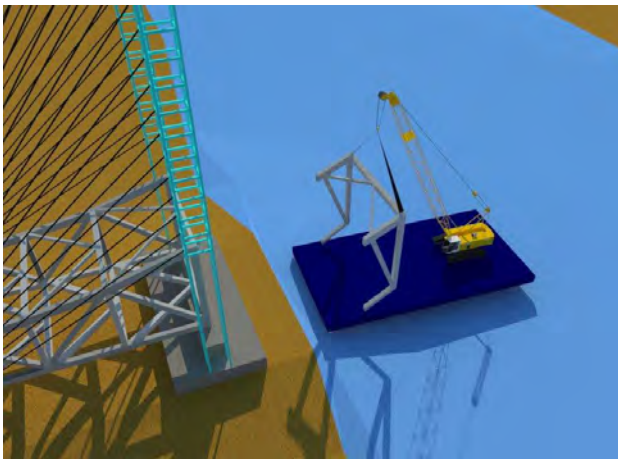
Sumber: Google .com

8. Pemasangan Frame

Adapun pemasangan frame dibagi menjadi beberapa segmen, antara lain:

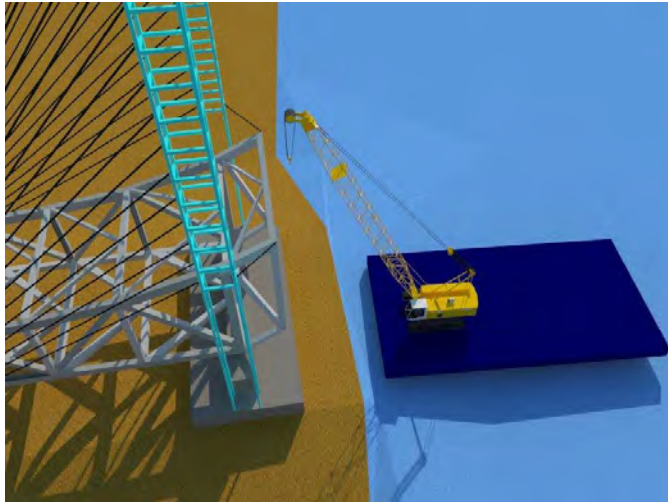
- Segmen 1

Pemasangan segmen 1 jembatan sepanjang $\lambda = 4$ m, jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi alat dan baha diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal ponton



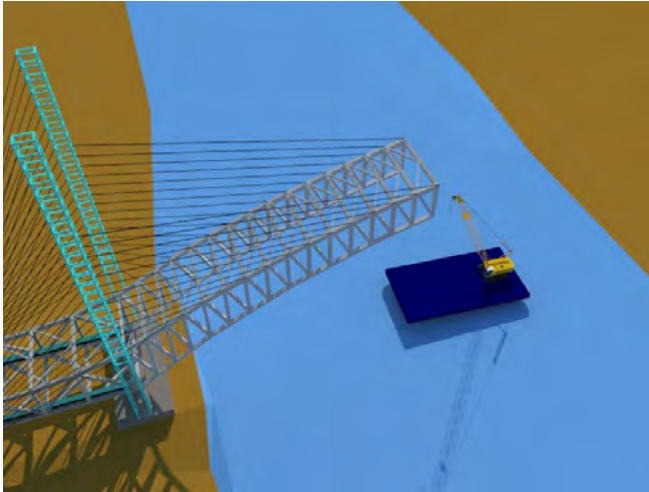
Gambar 9.15 Pemasangan Segmen 1

- Pemasangan Kabel Penahan Segmen 1
Setelah Busur terangkat kemudian busur disesuaikan dengan posisinya, disaat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower, yang 1 di kaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur



Gambar 9.16 Pemasangan Kabel Penahan Segmen 1

- Segmen 2 - 15
Pemasangan segmen 2-15 jembatan yang masing-masing sepanjang $\lambda = 4$ m, jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi alat dan baha diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal ponton



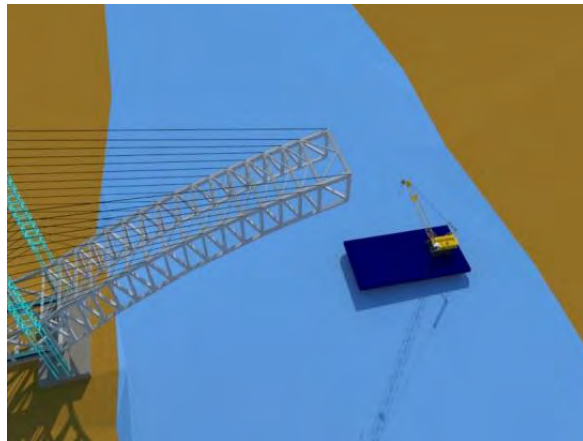
Gambar 9.17 Pemasangan Segmen 2 - 15

- Pemasangan Kabel Penahan Segmen 2 - 15
Setelah Busur terangkat kemudian busur disesuaikan dengan posisinya, disaat yang bersamaan tiap segmen jembatan dipasang 2 kabel penahan jembatan, masing-masing kabel di pasang di temporary tower dan yang 1 di kaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur
- Segmen 16
Pemasangan segmen 16 jembatan sepanjang $\lambda = 6$ m, jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi alat dan baha diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal ponton



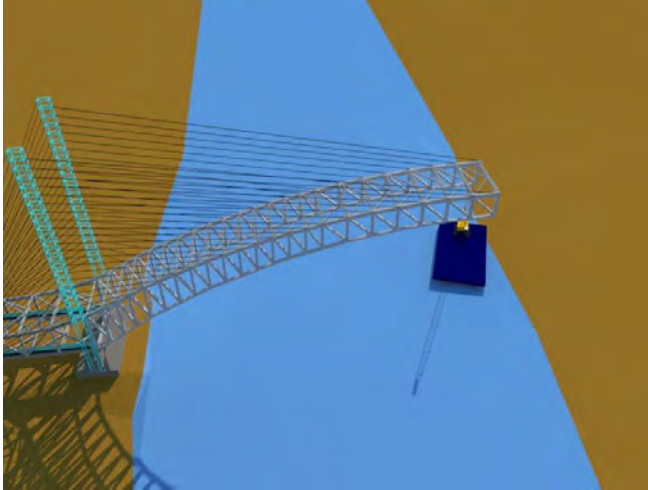
Gambar 9.18 Pemasangan Segmen 16

- Pemasangan Kabel Penahan Segmen 16
Setelah Busur terangkat kemudian busur disesuaikan dengan posisinya, disaat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower, yang 1 di kaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur



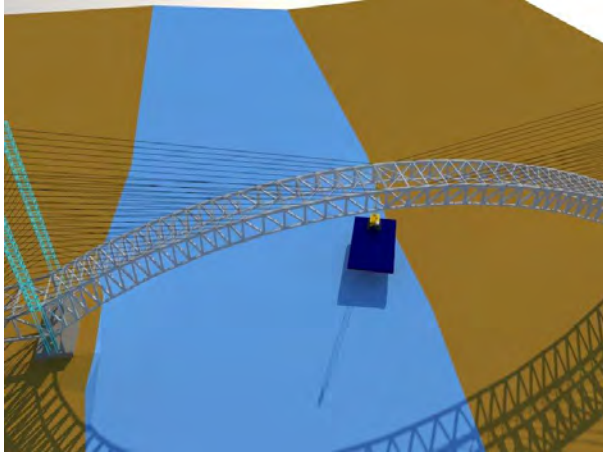
Gambar 9.19 Pemasangan Kabel Penahan Segmen 16

- Segmen 17 - 22
Pemasangan segmen 17-22 jembatan yang masing-masing sepanjang $\lambda = 6$ m, jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi alat dan baha diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal ponton



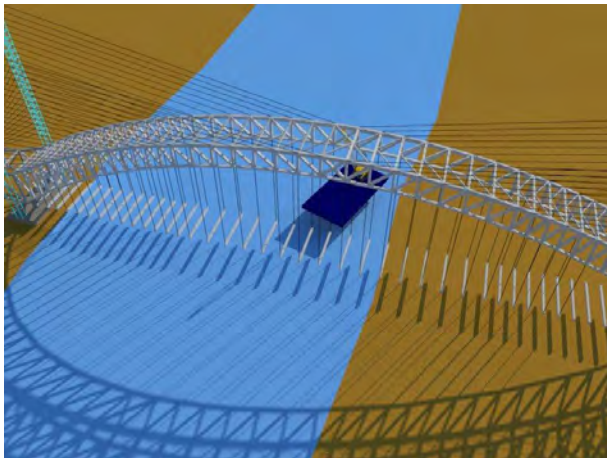
Gambar 9.20 Pemasangan Segmen 17 - 22

- Pemasangan Kabel Penahan Segmen 17 - 22
Setelah Busur terangkat kemudian busur disesuaikan dengan posisinya, disaat yang bersamaan tiap segmen jembatan dipasang 2 kabel penahan jembatan, masing-masing kabel di pasang di temporary tower dan yang 1 di kaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.



Gambar 9.21 Pemasangan Kabel Penahan Segmen 17 - 22

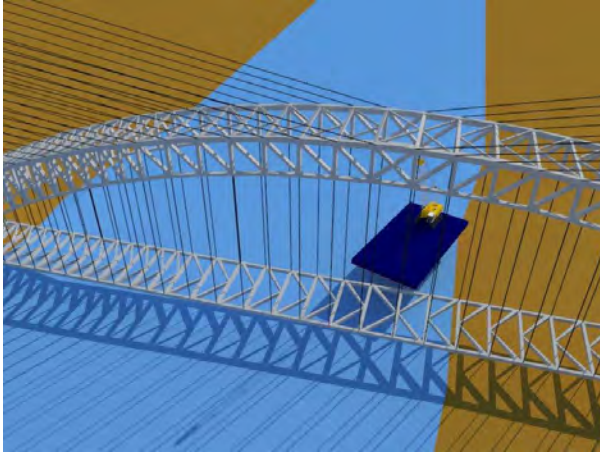
- Pemasangan Kabel Penggantung Dan Gelagar Melintang Setelah dilakukan pekerjaan pemasangan frame, kemudian dilanjutkan pemasangan batang penggantung dan gelagar melintang



Gambar 9. 22 Pemasangan Kabel Jembatan

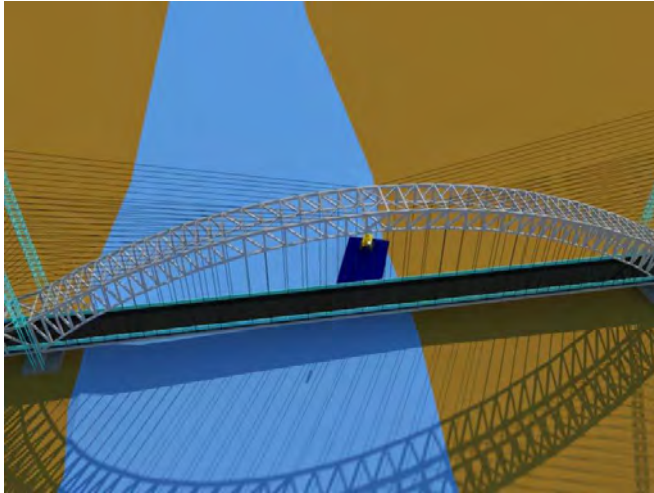
- Pemasangan Gelagar Memanjang Dan Ikatan Angin Bawah

Setelah dilakukan pemasangan kabel penggantung jembatan dan gelagar melintang, kemudian dilanjutkan pemasangan gelagar memanjang jembatan dan ikatan angin bawah



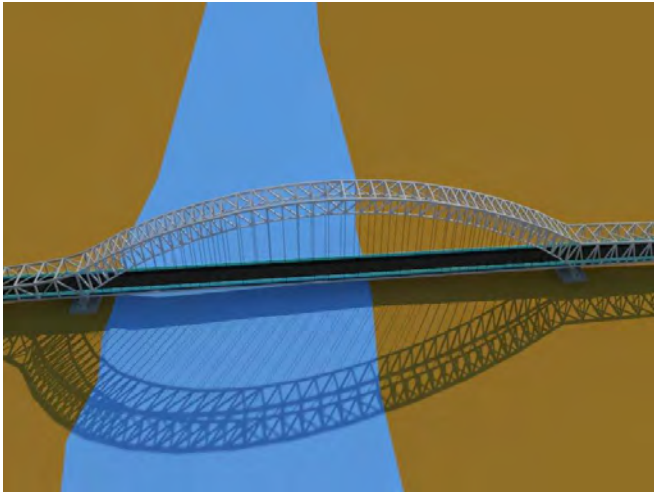
Gambar 9. 23 Pemasangan Gelagar Memanjang Dan Ikatan Angin Bawah

- Pengecoran Plat Lantai Dan Pekerjaan Finishing
Setelah pekerjaan perakitan elemen rangka jembatan kemudian dilakukan pekerjaan pembuatan bekisting, pengecoran plat lantai jembatan, pengaspalan, serta pekerjaan finishing seperti pembuatan marka jalan, pemasangan lampu sepanjang jembatan, dan pemasangan tiang sandaran.



Gambar 9. 24 Pangecoran Plat Lantai Dan Pekerjaan Finishing

- Pelapasan Temporary Tower



Gambar 9. 25 Pelepasa Temporary Tower

9.2. Perhitungan Metode Pelaksanaan

1. Kabel Penahan Busur per Segmen

- P_u
 $\Sigma V = 0$
 $Q - P_u \times \sin \Theta = 0$
 $P_{u_{\text{busur}}} = Q / \sin \Theta$

Tabel 9.1 Kabel Penahan Busur Per Segmen

Nomor Segemen	Berat (Ton)	Sudut busur ke kabel (°)	Pu busur (Ton)
Segmen 1	58.4	39	92.7
Segmen 2	19.2	18	62.0
Segmen 3	19.3	12	93.0
Segmen 4	19.9	9	127.1
Segmen 5	18.3	8	131.2
Segmen 6	17.8	7	146.3
Segmen 7	17.5	7	143.9
Segmen 8	16.0	7	131.3
Segmen 9	15.2	7	124.3
Segmen 10	15.3	8	109.9
Segmen 11	14.9	8	107.1
Segmen 12	14.4	8	103.7
Segmen 13	13.5	9	86.1
Segmen 14	13.7	9	87.4
Segmen 15	13.0	10	74.8
Segmen 16	18.7	10	107.7
Segmen 17	18.2	10	105.1
Segmen 18	16.3	10	93.8
Segmen 19	16.4	10	94.3
Segmen 20	16.2	10	93.1
Segmen 21	15.9	11	83.3
Segmen 22	16.3	11	85.4

Sumber: Analisa Perhitungan

2. Kabel Penahan Temporary Tower Dari Busur

- $V_u = P_u \text{ busur} \times \cos \Theta$

Tabel 9.2 Kabel Penahan Temporary Tower Dari Busur

Nomor Segmen	P_u busur (Ton)	Sudut temporary tower ke busur ($^\circ$)	V_u (Ton)
Segmen 1	92.7	51	58.4
Segmen 2	62.0	72	19.2
Segmen 3	93.0	78	19.3
Segmen 4	127.1	81	19.9
Segmen 5	131.2	82	18.3
Segmen 6	146.3	83	17.8
Segmen 7	143.9	83	17.5
Segmen 8	131.3	83	16.0
Segmen 9	124.3	83	15.2
Segmen 10	109.9	82	15.3
Segmen 11	107.1	82	14.9
Segmen 12	103.7	82	14.4
Segmen 13	86.1	81	13.5
Segmen 14	87.4	81	13.7
Segmen 15	74.8	80	13.0
Segmen 16	107.7	80	18.7
Segmen 17	105.1	80	18.2
Segmen 18	93.8	80	16.3
Segmen 19	94.3	80	16.4
Segmen 20	93.1	80	16.2
Segmen 21	83.3	79	15.9
Segmen 22	85.4	79	16.3
Jumlah			404.3

Sumber: Analisa Perhitungan

$$\begin{aligned}
 D &= C / \sin \Theta \\
 &= 404,3 / \sin 45^\circ \\
 &= 571,7 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma H (\text{Busur}) &= \sqrt{D^2 - V^2} \\
 &= \sqrt{571,7^2 - 404,3^2} \\
 &= 404,27 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

3. Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer

- $P_u \text{ temporary tower ke poer} = V_u / \cos \theta$

Tabel 9.3 Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer

Nomor Segmen	V_u (Ton)	Sudut temporary tower ke poer ($^\circ$)	P_u temporary tower ke poer (Ton)
Segmen 1	58.4	58	110.1
Segmen 2	19.2	56	34.3
Segmen 3	19.3	54	32.9
Segmen 4	19.9	52	32.3
Segmen 5	18.3	50	28.4
Segmen 6	17.8	48	26.6
Segmen 7	17.5	46	25.2
Segmen 8	16.0	45	22.6
Segmen 9	15.2	43	20.7
Segmen 10	15.3	42	20.6
Segmen 11	14.9	40	19.5
Segmen 12	14.4	39	18.6
Segmen 13	13.5	38	17.1
Segmen 14	13.7	37	17.1
Segmen 15	13.0	36	16.1
Segmen 16	18.7	35	22.8
Segmen 17	18.2	34	22.0
Segmen 18	16.3	33	19.4
Segmen 19	16.4	32	19.3
Segmen 20	16.2	31	18.9
Segmen 21	15.9	30	18.4
Segmen 22	16.3	29	18.6

Sumber: Analisa Perhitungan

4. Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer

Gaya Vertikal Poer

- $P_u \text{ poer gaya vertikal}$
 $= P_u \text{ temporary tower ke poer} \times \cos \theta$

Tabel 9.4 Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer (Gaya Vertikal)

Nomor Segemen	Vu (Ton)	Sudut temporary	Pu temporary tower ke poer
Segmen 1	110.1	58	58.4
Segmen 2	34.3	56	19.2
Segmen 3	32.9	54	19.3
Segmen 4	32.3	52	19.9
Segmen 5	28.4	50	18.3
Segmen 6	26.6	48	17.8
Segmen 7	25.2	46	17.5
Segmen 8	22.6	45	16.0
Segmen 9	20.7	43	15.2
Segmen 10	20.6	42	15.3
Segmen 11	19.5	40	14.9
Segmen 12	18.6	39	14.4
Segmen 13	17.1	38	13.5
Segmen 14	17.1	37	13.7
Segmen 15	16.1	36	13.0
Segmen 16	22.8	35	18.7
Segmen 17	22.0	34	18.2
Segmen 18	19.4	33	16.3
Segmen 19	19.3	32	16.4
Segmen 20	18.9	31	16.2
Segmen 21	18.4	30	15.9
Segmen 22	18.6	29	16.3
Jumlah			404.3

Sumber: Analisa Perhitungan

- Pu poer gaya horizontal
= Pu temporary tower ke poer x Sin Θ

Tabel 9.5 Kabel Penahan Temporary Tower ke Poer (Gaya Horizontal)

Nomor Segmen	Vu (Ton)	Sudut temporary tower ke poer (°)	Pu temporary tower ke poer (Ton)
Segmen 1	110.1	58	93.4
Segmen 2	34.3	56	28.4
Segmen 3	32.9	54	26.6
Segmen 4	32.3	52	25.5
Segmen 5	28.4	50	21.8
Segmen 6	26.6	48	19.8
Segmen 7	25.2	46	18.2
Segmen 8	22.6	45	16.0
Segmen 9	20.7	43	14.1
Segmen 10	20.6	42	13.8
Segmen 11	19.5	40	12.5
Segmen 12	18.6	39	11.7
Segmen 13	17.1	38	10.5
Segmen 14	17.1	37	10.3
Segmen 15	16.1	36	9.4
Segmen 16	22.8	35	13.1
Segmen 17	22.0	34	12.3
Segmen 18	19.4	33	10.6
Segmen 19	19.3	32	10.2
Segmen 20	18.9	31	9.7
Segmen 21	18.4	30	9.2
Segmen 22	18.6	29	9.0
Jumlah			406.1

Sumber: Analisa Perhitungan

5. Kontrol Stabilitas Temporary Tower

$$\Sigma H (\text{Poer}) - \Sigma H (\text{Busur}) = 0$$

$$406,1 \text{ Ton} - 404,27 \text{ Ton} = 1,8 \text{ Ton}$$

Jika sudah mendekati 0 (nol) maka, Temporary Tower sudah bias dianggap kuat untuk alat bantu proses pemasangan jembatan.

6. Kebutuhan Kabel Saat Pelaksanaan

- Kabel penarik jembatan busur
ASTM B-416 – 19 No 5 Awg

$$E = 160000 \text{ MPa}$$

$$D = 23,1 \text{ mm}$$

$$A_s = 318,5 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 326,28 \text{ kN}$$

Tabel 9. 6 Kabel Penarik Jembatan Busur

Frame	Pu	n kabel	Asc	Pn	Kontrol
	(Kn)	Jumlah strand		(Kn)	
Berat 1 Segmen	583.6	2	637.0	652.6	OK
Berat 2 Segmen	775.2	4	1274.0	1305.1	OK
Berat 3 Segmen	968.6	6	1911.0	1957.7	OK
Berat 4 Segmen	1167.5	8	2548.0	2610.2	OK
Berat 5 Segmen	1350.1	10	3185.0	3262.8	OK
Berat 6 Segmen	1528.4	12	3822.0	3915.4	OK
Berat 7 Segmen	1703.7	14	4459.0	4567.9	OK
Berat 8 Segmen	1863.7	16	5096.0	5220.5	OK
Berat 9 Segmen	2015.2	18	5733.0	5873.0	OK
Berat 10 Segmen	2168.2	20	6370.0	6525.6	OK
Berat 11 Segmen	2317.3	22	7007.0	7178.2	OK
Berat 12 Segmen	2461.6	24	7644.0	7830.7	OK
Berat 13 Segmen	2596.4	26	8281.0	8483.3	OK
Berat 14 Segmen	2733.2	28	8918.0	9135.8	OK
Berat 15 Segmen	2863.0	30	9555.0	9788.4	OK
Berat 16 Segmen	3050.1	32	10192.0	10441.0	OK
Berat 17 Segmen	3232.5	34	10829.0	11093.5	OK
Berat 18 Segmen	3395.4	36	11466.0	11746.1	OK
Berat 19 Segmen	3559.1	38	12103.0	12398.6	OK
Berat 20 Segmen	3720.7	40	12740.0	13051.2	OK
Berat 21 Segmen	3879.7	42	13377.0	13703.8	OK
Berat 22 Segmen	4042.7	44	14014.0	14356.3	OK

Sumber: Analisa Perhitungan

- Kabel penahan temporary tower
 ASTM B-416 – 19 No 5 Awg
 $E = 160000 \text{ MPa}$
 $D = 23,1 \text{ mm}$
 $A_s = 318,5 \text{ mm}^2$
 $P_n = 326,28 \text{ kN}$

Tabel 9. 7Kabel Penahan Temporary Tower

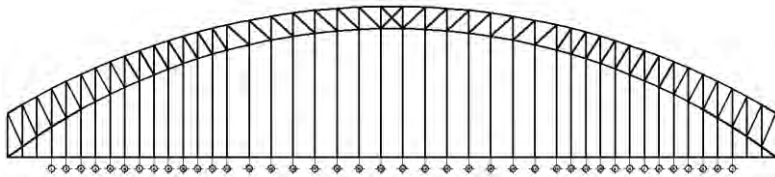
Frame	Pu	n kabel	Asc	Pn	Kontrol
	(Kn)	Jumlah strand		(Kn)	
Gaya Kabel 1	1101.2	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 2	342.7	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 3	329.0	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 4	323.0	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 5	284.2	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 6	266.4	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 7	252.4	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 8	226.3	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 9	207.2	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 10	205.9	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 11	194.6	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 12	185.7	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 13	171.0	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 14	171.3	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 15	160.5	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 16	228.4	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 17	220.1	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 18	194.2	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 19	193.0	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 20	188.6	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 21	183.5	2	637.0	1270.4	OK
Gaya Kabel 22	186.4	2	637.0	1270.4	OK

Sumber: Analisa Perhitungan

9.3. Pemeliharaan Jembatan

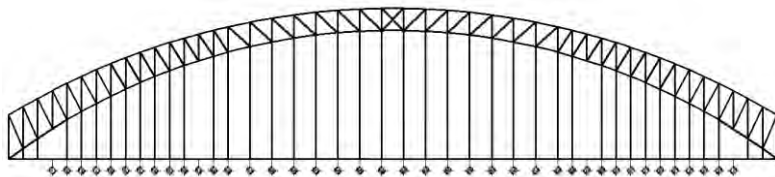
Pemeliharaan jembatan merupakan hal yang wajib dilakukan agar jembatan itu bisa berumur sesuai rencana yang sudah dihitung dan direncanakan. Seperti contoh pada jembatan busur, penggantung merupakan bagian penting dalam jembatan busur yang harus dipelihara. Saat pemeliharaan penggantung jembatan maka akan dilakukan penggantian penggantung dengan cara mencopot salah satu atau beberapa penggantung untuk diganti yang baru. Kondisi lalulintas yang direncanakan pada saat pemeliharaan adalah jembatan harus ditutup total untuk sementara. Cara mengetahui apakah saat pemeliharaan atau salah satu penggantung dicopot maka perlu dianalisa dengan menggunakan dimodelkan di software Sap, dan dibebani dengan beban mati, beban angin dan beban temperature.

Kondisi normal merupakan kondisi penggantung masih terpasang semua



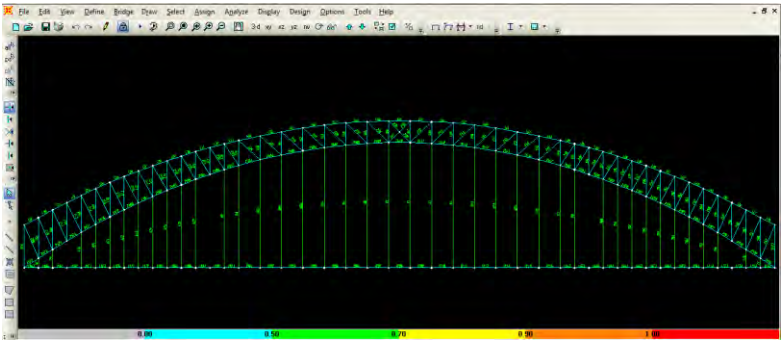
Gambar 9.26 Kondisi Normal

Kondisi 1 (Penggantung nomor 1 & 11 dilepas)

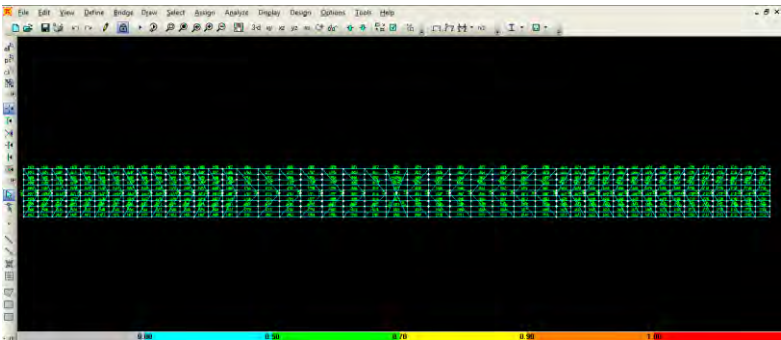


Gambar 9.27 Kondisi 1

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

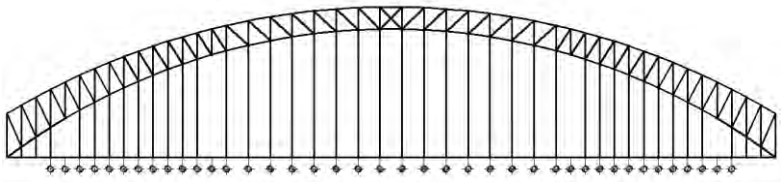


Gambar 9.28 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Samping)



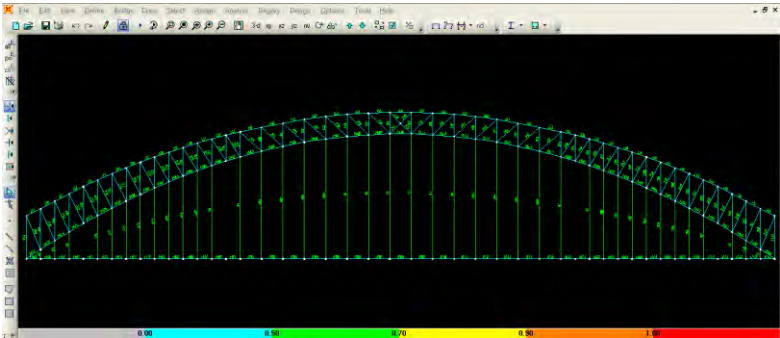
Gambar 9.29 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Atas)

Kondisi 2 (Penggantung nomor 2 & 12 dilepas)

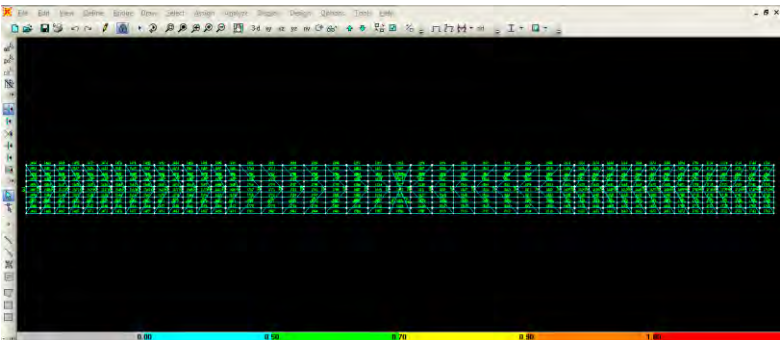


Gambar 9.30 Kondisi 2

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

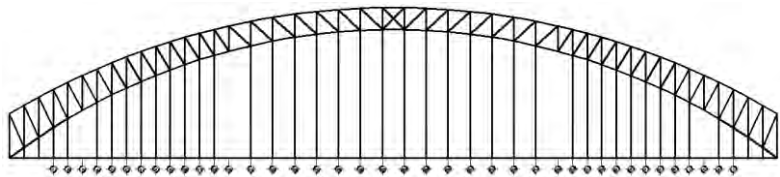


Gambar 9.31 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Samping)



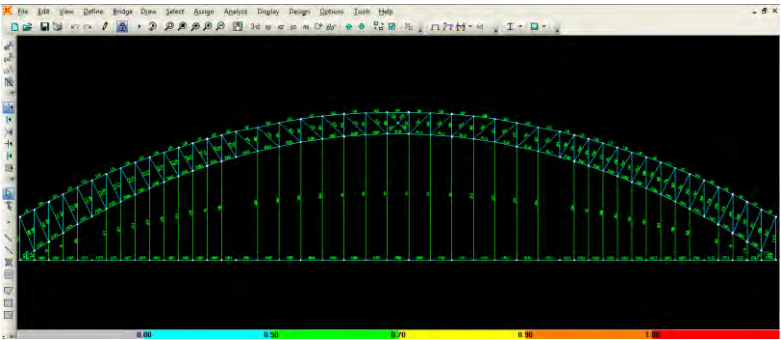
Gambar 9.32 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Atas)

Kondisi 3 (Penggantung nomor 3 & 13 dilepas)

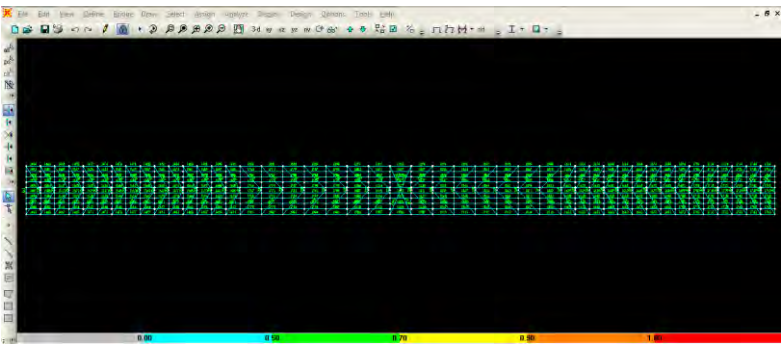


Gambar 9.33 Kondisi 3

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

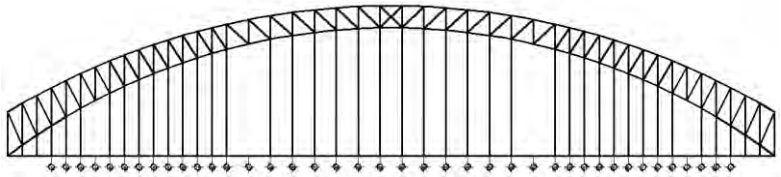


Gambar 9.34 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Samping)



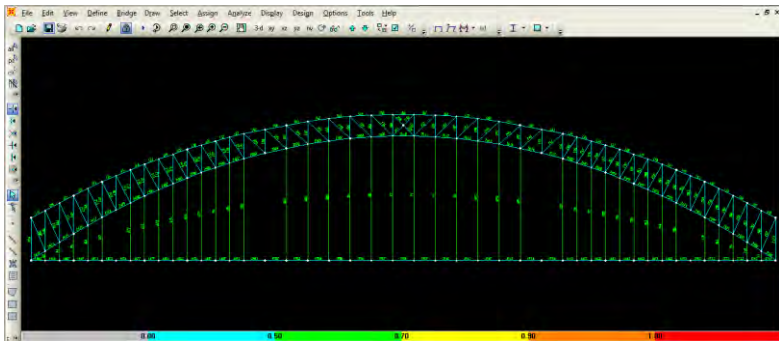
Gambar 9.35 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Atas)

Kondisi 4 (Penggantung nomor 4 & 14 dilepas)

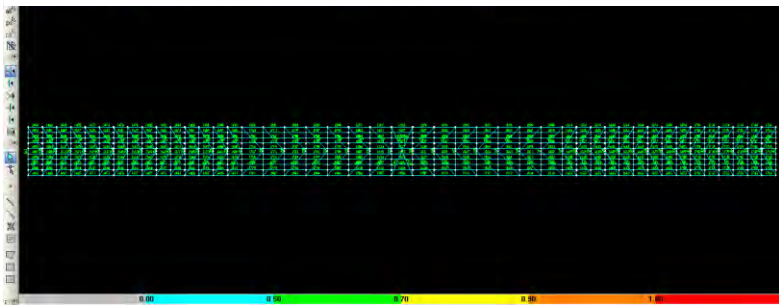


Gambar 9.36 Kondisi 4

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

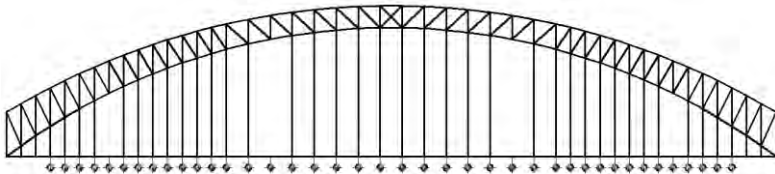


Gambar 9.37 Hasil Analisa Sap Kondisi 4 (Tampak Samping)



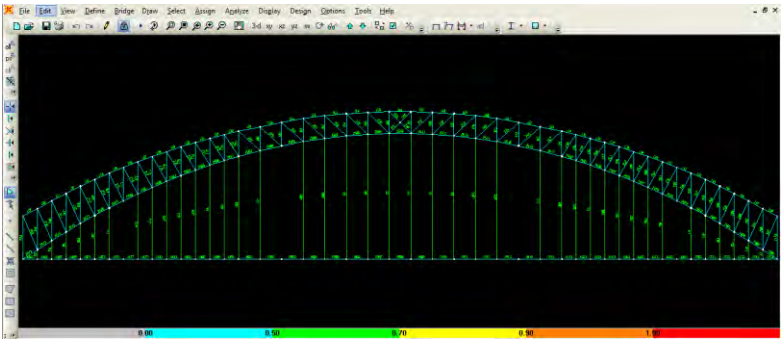
Gambar 9.38 Hasil Analisa Sap Kondisi 4 (Tampak Atas)

Kondisi 5 (Penggantung nomor 5 & 15 dilepas)

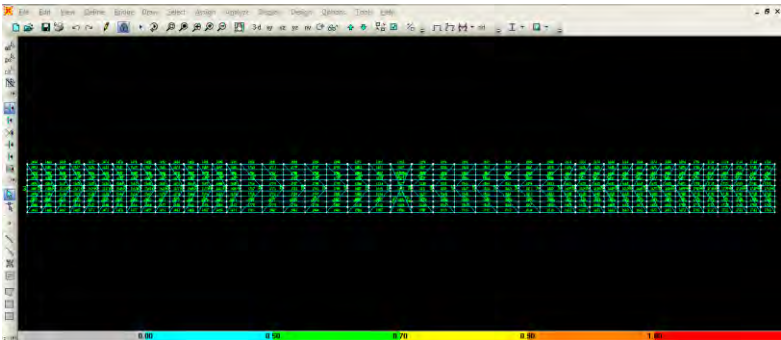


Gambar 9.39 Kondisi 5

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

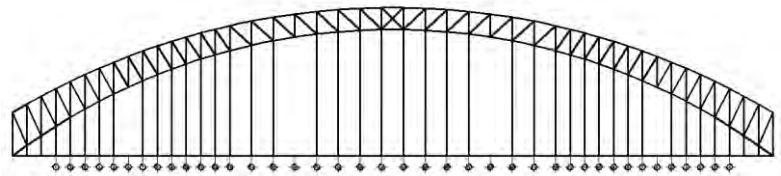


Gambar 9.40 Hasil Analisa Sap Kondisi 5 (Tampak Samping)



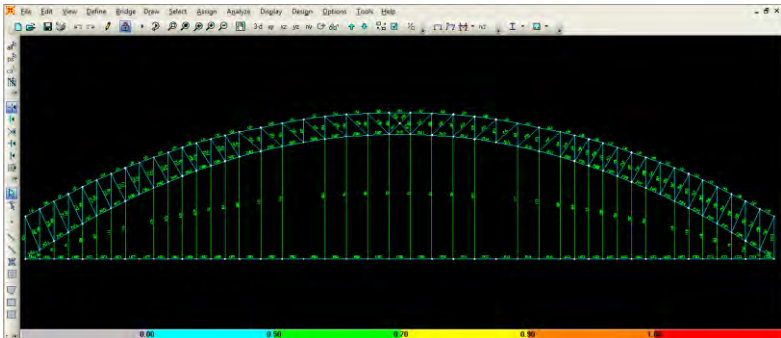
Gambar 9.41 Hasil Analisa Sap Kondisi 5 (Tampak Atas)

Kondisi 6 (Penggantung nomor 6 & 16 dilepas)

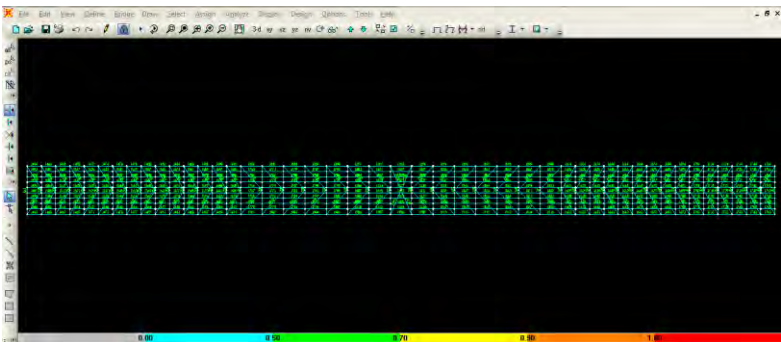


Gambar 9.42 Kondisi 6

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

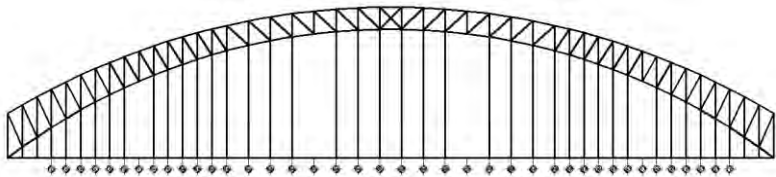


Gambar 9.43 Hasil Analisa Sap Kondisi 6 (Tampak Samping)



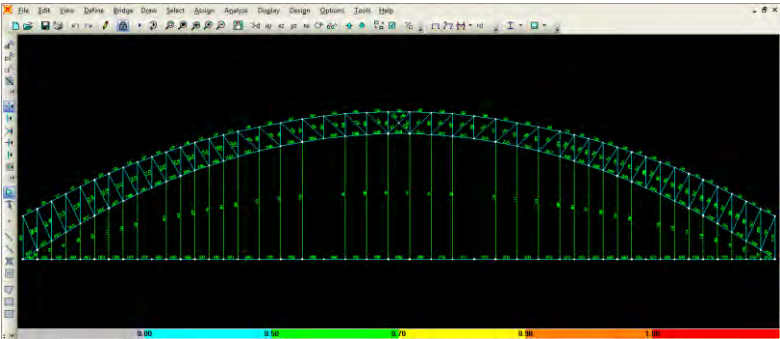
Gambar 9.44 Hasil Analisa Sap Kondisi 6 (Tampak Atas)

Kondisi 7 (Penggantung nomor 7 & 17 dilepas)

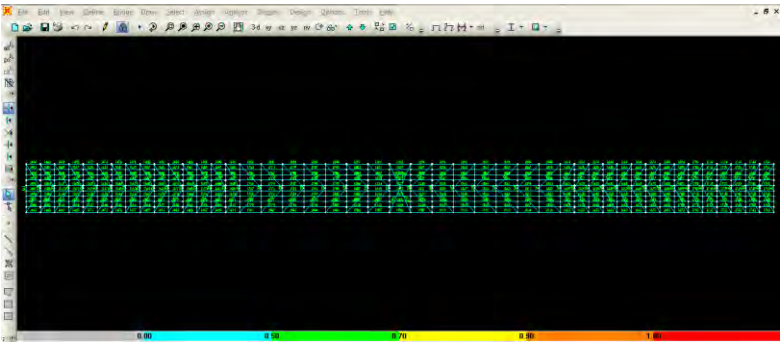


Gambar 9.45 Kondisi 7

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

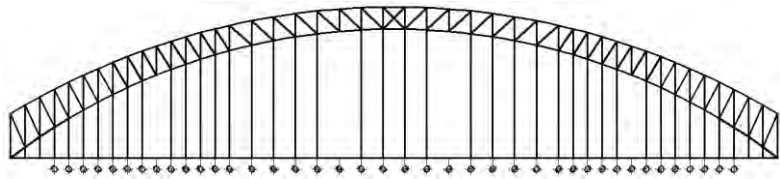


Gambar 9.46 Hasil Analisa Sap Kondisi 7 (Tampak Samping)



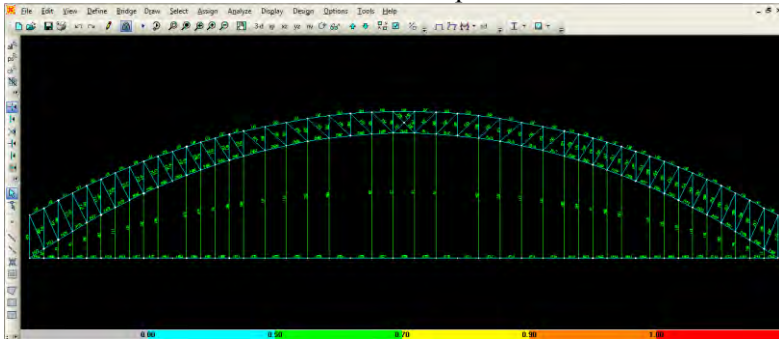
Gambar 9.47 Hasil Analisa Sap Kondisi 7 (Tampak Atas)

Kondisi 8 (Penggantung nomor 8 & 18 dilepas)

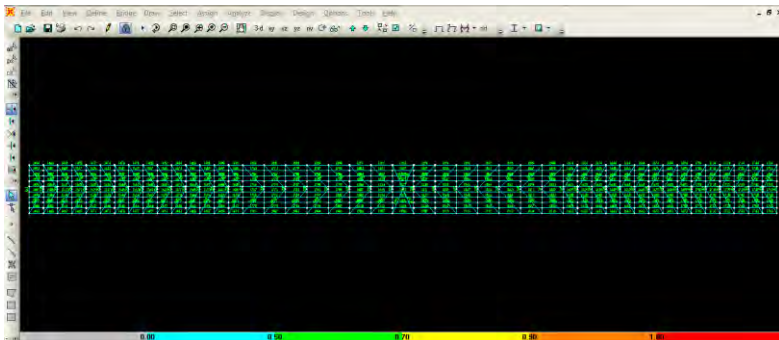


Gambar 9.48 Kondisi 8

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

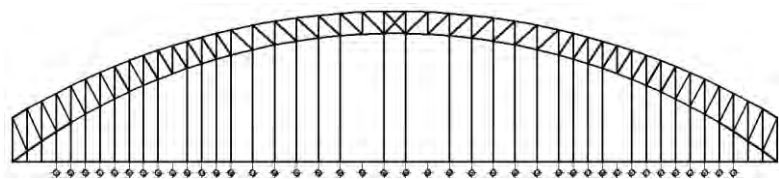


Gambar 9.49 Hasil Analisa Sap Kondisi 8 (Tampak Samping)



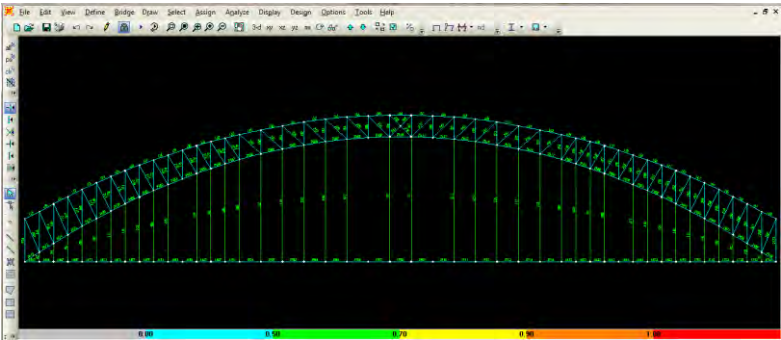
Gambar 9.50 Hasil Analisa Sap Kondisi 8 (Tampak Atas)

Kondisi 9 (Penggantung nomor 9 & 19 dilepas)

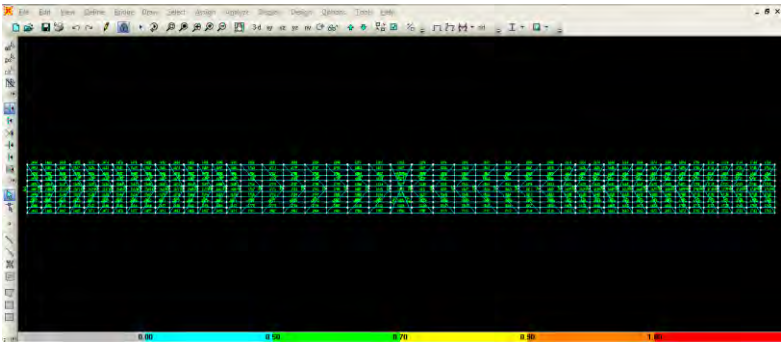


Gambar 9.51 Kondisi 9

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

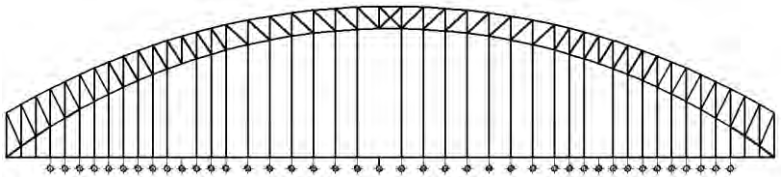


Gambar 9.52 Hasil Analisa Sap Kondisi 9 (Tampak Samping)



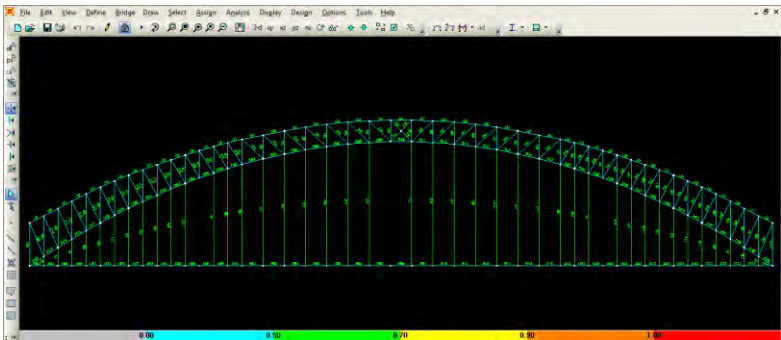
Gambar 9.53 Hasil Analisa Sap Kondisi 9 (Tampak Atas)

Kondisi 10 (Penggantung nomor 10 & 20 dilepas)

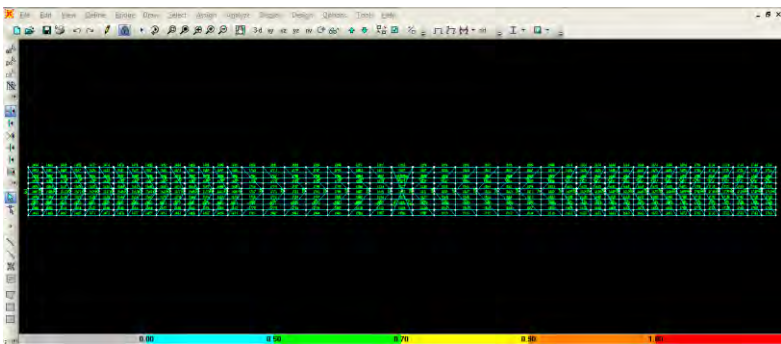


Gambar 9.54 Kondisi 10

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap

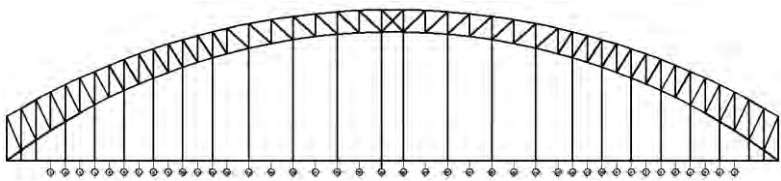


Gambar 9.55 Hasil Analisa Sap Kondisi 10 (Tampak Samping)

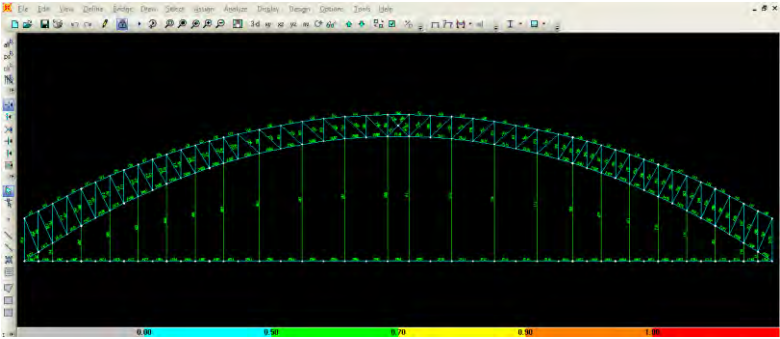


Gambar 9.56 Hasil Analisa Sap Kondisi 10 (Tampak Atas)

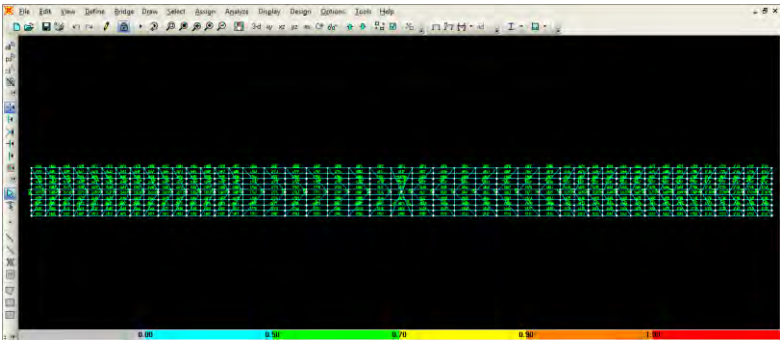
Kondisi 11 (50% Penggantung dilepas)



Gambar 9.57 Kondisi 11



Gambar 9.58 Hasil Analisa Sap Kondisi 11 (Tampak Samping)



Gambar 9.59 Hasil Analisa Sap Kondisi 11 (Tampak Atas)

BAB X

PENUTUP

10.1.Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 13,5 m untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur (f) adalah 35 m, tinggi rangka busur (h) adalah 6 m
2. Tebal aspal = 7 cm
Tebal pelat = 20 cm ; Mutu beton $f_c' = 30$ MPa
Tulangan lapangan : - Tul. lentur D16-120 mm (JIS G3112)
 - Tul. geser D13-150 mm (JIS G3112)
Tulangan tumpuan : - Tul. lentur D16-120 mm (JIS G3112)
 - Tul. geser D13-150 mm (JIS G3112)
3. Kerb → b = 1000 mm
 h = 200 mm
 Tul. utama D10-200 mm (JIS G3112)
 Tul. susut D8-150 mm (JIS G3112)
4. Tiang dan pipa sandaran
Jarak tiang sandaran = 2,5 m
Diameter luar (do) = 76,2 mm
Kolom tiang sandaran → b = 200 mm
 h = 200 mm
 L = 1,5 m
Tul. lentur 4D12 (JIS G3112)
Tul. geser Ø 8-200 mm (JIS G3112)
5. Gelagar memanjang bentang 4m → WF 400x200x6x12 (BJ 55)
Shear Connector D = 22 mm dan L = 125 mm
Jumlah Shear connector = 35 buah (untuk 2 baris)
 = 17 buah (untuk 1 baris)
dipasang dengan jarak 23 cm

$$\text{Lendutan} = \delta = 0,47 \leq \delta_{ijin} = 0,5$$

Gelagar memanjang bentang 6m \rightarrow WF 500x200x9x16 (BJ 55)

Shear Connector D = 22 mm dan L = 125 mm

Jumlah Shear connector = 52 buah (untuk 2 baris)

= 26 buah (untuk 1 baris)

dipasang dengan jarak 23 cm

$$\text{Lendutan} = \delta = 0,73 \leq \delta_{ijin} = 0,75$$

6. Gelagar melintang \rightarrow WF 1000x450x16x38 (BJ 55)

Shear Connector D = 22 mm dan L = 125 mm

Jumlah Shear connector = 242 buah (untuk 2 baris)

= 121 buah (untuk 1 baris)

dipasang dengan jarak 11 cm

$$\text{Lendutan} = \delta = 1,54 \leq \delta_{ijin} = 1,69$$

7. Batang penggantung

Profil yang dipakai Galvanized Structural Strand (BRIDON)

ASTM A-586 dengan D= 95,3 mm

8. Struktur utama

Mutu: Box = EN10025

WF = BJ 55

Pada jembatan busur bentang 210 m

- (Tengah) Rangka luar atas, Box 900x600x26x26
- (Tengah) Rangka luar bawah, Box 900x600x20x20
- (Tengah) Rangka tegak, WF 600x300x12x19
- (Tengah) Rangka miring, WF 600x200x6x16
- (Tengah) Batang tarik, Box 800x600x10x10
- (Tepi) Rangka luar atas, Box 900x600x18x18
- (Tepi) Rangka luar bawah, Box 900x600x50x50
- (Tepi) Rangka tegak, Box 600x600x10x10
- (Tepi) Rangka miring, WF 600x300x6x12
- (Tepi) Batang tarik, Box 800x600x10x10

Pada jembatan rangka bentang 44 m

- Rangka luar atas, Box 900x600x10x10

- Rangka luar bawah, Box 800x600x10x10
 - Rangka tegak, WF 600x200x6x9
 - Rangka miring, WF 600x200x12x25
- Pada jembatan rangka bentang 100 m
- Rangka luar atas, Box 900x600x50x50
 - Rangka luar bawah, Box 800x600x50x50
 - Rangka tegak, WF 600x200x6x9
 - Rangka miring, Box 600x600x25x25

9. Ikatan angin atas

Mutu: 2L = BJ 55

WF = BJ 55

Pada jembatan busur bentang 210 m

- (Tengah) vertikal, WF 300x150x6x9
- (Tengah) diagonal, 2L 200x200x15
- (Tepi) vertikal, WF 300x150x6x9
- (Tepi) diagonal, 2L 130x130x9

Pada jembatan rangka bentang 44 m

- Vertikal, WF 300x150x9x12
- Diagonal, 2L 175x175x12

Pada jembatan rangka bentang 100 m

- Vertikal, WF 300x150x9x16
- Diagonal, 2L 175x175x12

10. Ikatan angin bawah

Mutu: 2L = BJ 55

Pada jembatan busur bentang 210 m

- (Tengah) diagonal, 2L 175x175x12
- (Tepi) diagonal, 2L 200x200x15

Pada jembatan rangka bentang 44 m

- Diagonal, 2L 175x175x15

Pada jembatan rangka bentang 100 m

- Diagonal, 2L 200x200x15

11. Perletakan berupa perletakan sendi dan rol baja

12. Abutment jembatan memiliki tinggi dinding abutment = 5,24m dan lebar = 1,2m dengan lebar poer = 24,3m dan tebal = 2m. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 35$ MPa.
13. Pondasi struktur menggunakan steel pipe pile (ASTM A 252 / JIS A 5525) dengan diameter 90 cm yang memiliki kedalaman 40m (Abutment 1) dan 42m (Abutment 2) sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (Standard Penetration Test). Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan 16 buah
14. Pilar jembatan memiliki tinggi kolom = 2,58m dan lebar = 6m dengan lebar poer = 24,3m dan tebal = 2m. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 35$ MPa.
15. Pondasi struktur menggunakan steel pipe pile (ASTM A 252 / JIS A 5525) dengan diameter 90 cm yang memiliki kedalaman 51m (Pilar 1) dan 54m (Pilar 2) sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (Standard Penetration Test). Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan 48 buah
16. Metode pelaksanaan yang digunakan adalah metode balanced cantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower
17. Accidental load, dianalisa ketika kabel penggantung dengan tarik aksial paling maksimum dianggap putus. Dan telah dianalisa bahwa jembatan masih dalam kondisi aman.

10.2.Saran

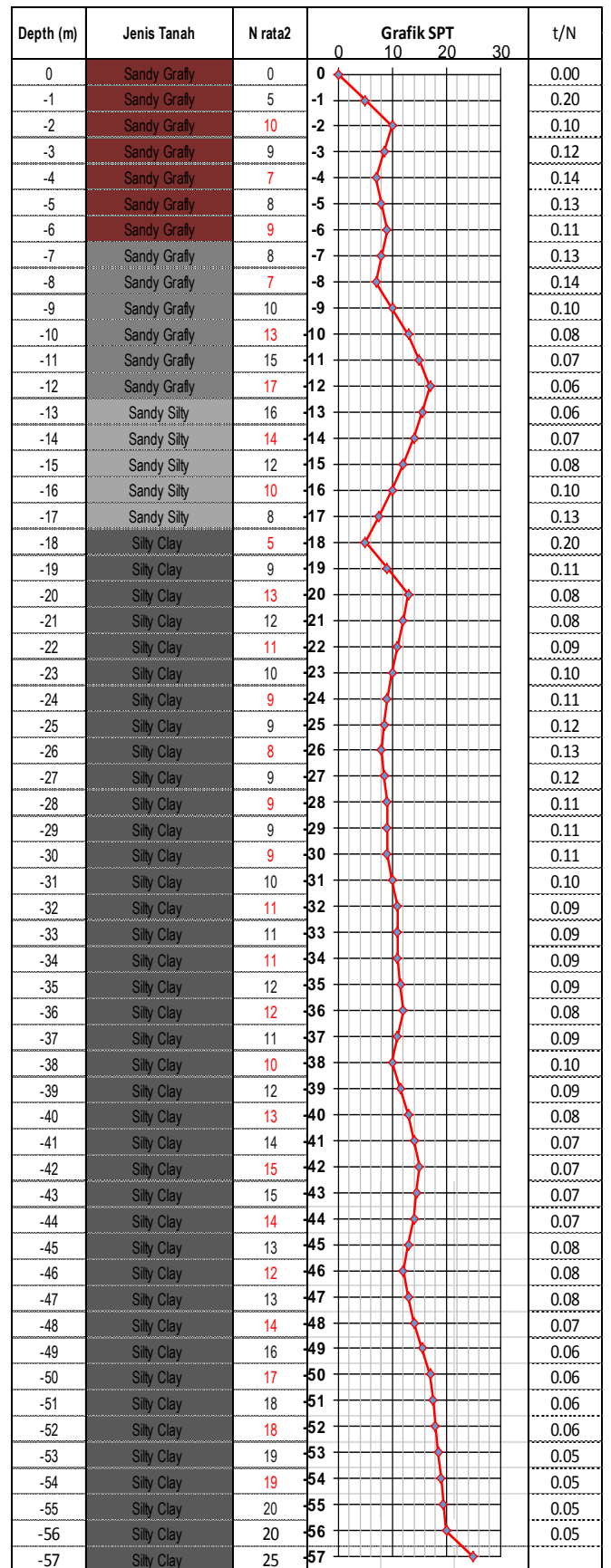
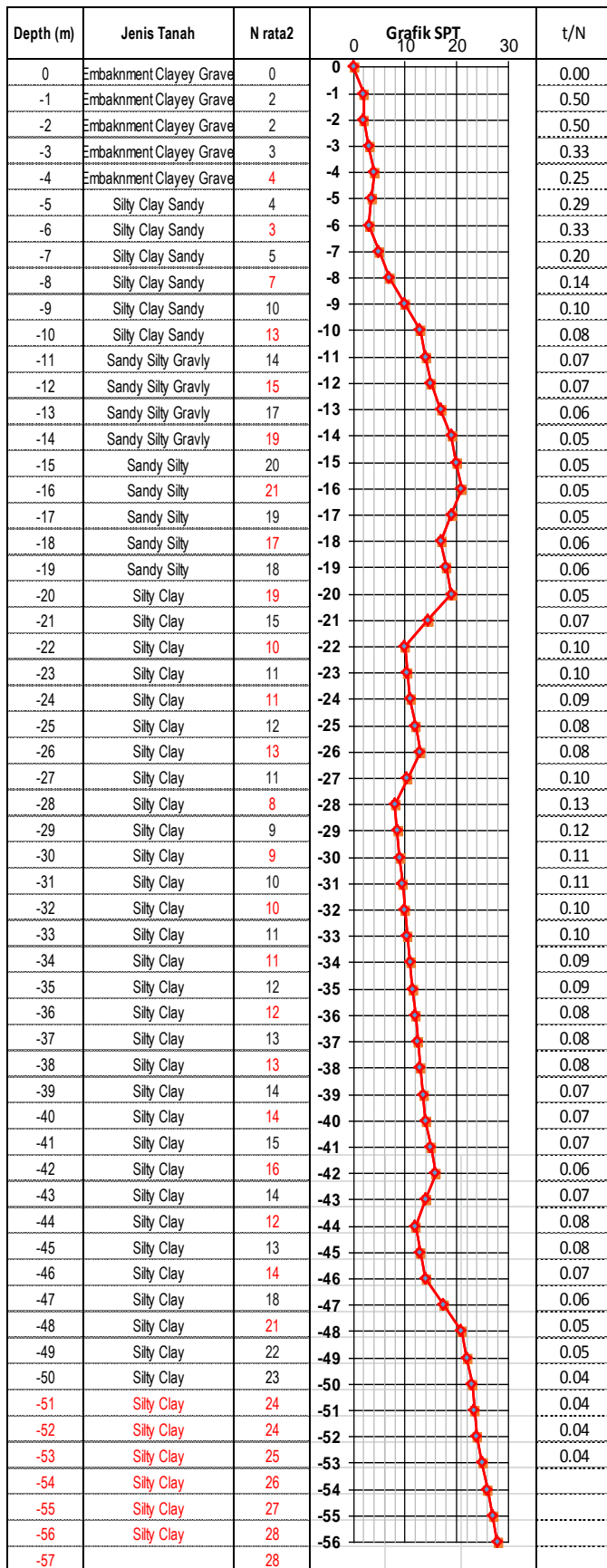
Alangkah baiknya jika perletakan pada jembatan Grindulu coba direncanakan menggunakan perletakan pot bearing ataupun Lead Rubber Bearing (LRB)

DAFTAR PUSTAKA

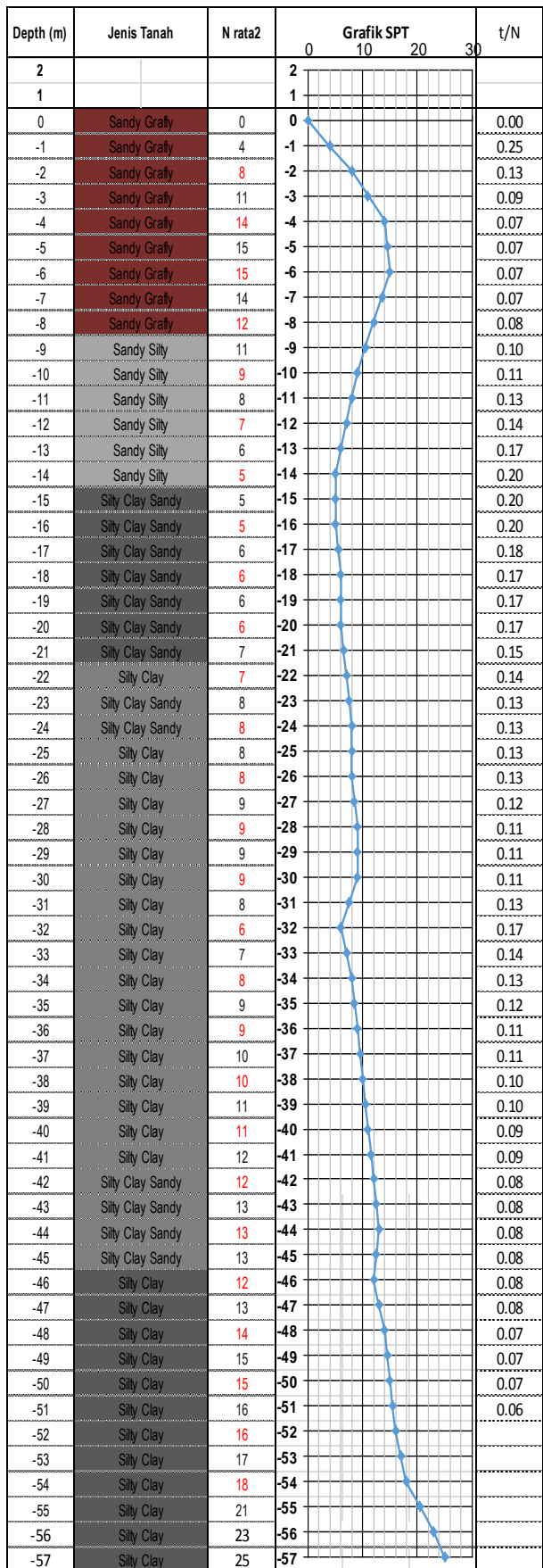
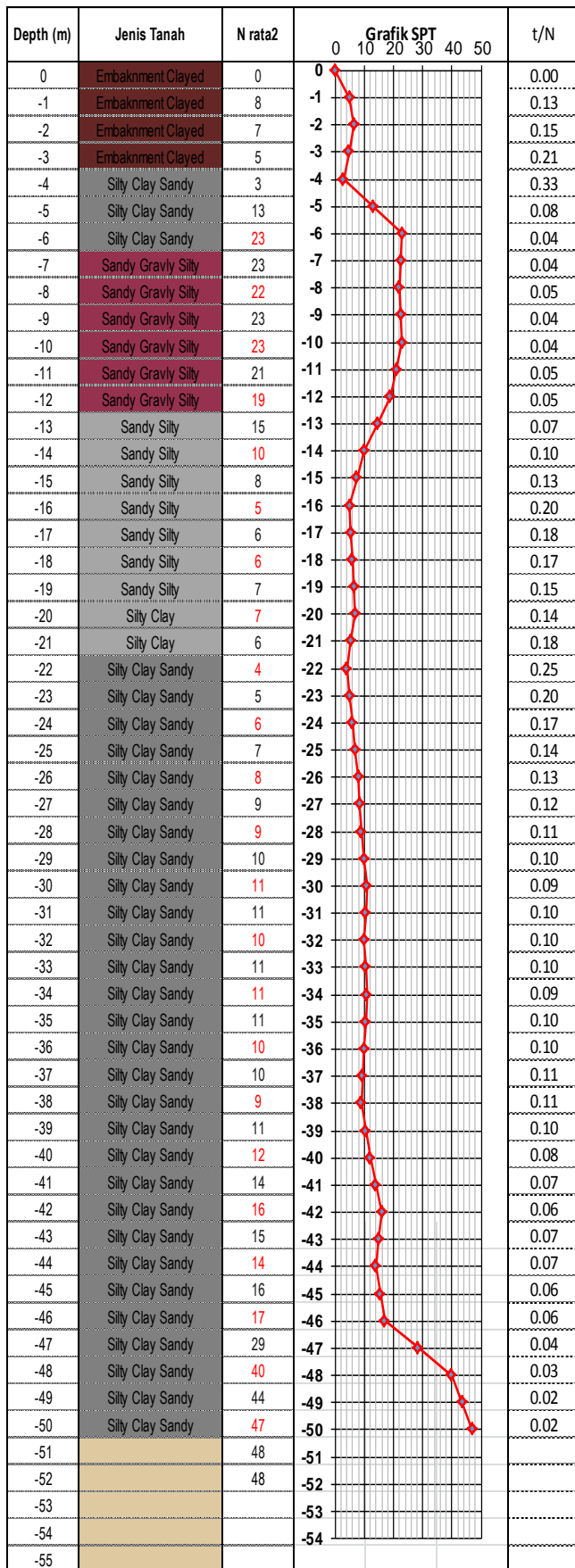
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI T-02-2005) : *Tata Cara Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI T-03-2005) : *Perencanaan struktur baja untuk jembatan*
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI T-12-2004) : *Perencanaan struktur beton untuk jembatan*
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI 2833:201X) : *Perencanaan jembatan terhadap beban gempa*
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (Bridge Management System dan Bridge Design Manual)*.
- M Das, Braja. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta, Pradnya Paramita
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD*. Jakarta, Erlangga.
- Sunggono, kh. 1995, *Buku Teknik Sipil*. Bandung, Nova
- Struyk, H. J dan K.H.C.W van der Veen. 1995. *Jembatan*. Diterjemahkan oleh Soemargono. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 1994. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Pradnya Paramita

“Halama ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



(Data Tanah Abutmen)



(Data Tanah Pilar)

ROUND & DEFORMED BAR



HEAD OFFICE & FACTORY
Jl. Imam Besar 4, Waring Duguh,
Sukoharjo, Cikarang Barat,
Bekasi 17522, West Java, INDONESIA
Sales Department
Phone 210 : 021-211 080 35 140 - 182
Phone Fax : 021 7085 2153
021 7085 2025
Fax : 021 28 184 6500-555
e-mail : ggb@grdsteel.com

ROUND/PLAIN BAR SIZES (According to JIS G3112)

CODE NO.	UNIT WEIGHT (kg/m)		DIAMETER d mm	TOLERANCE (mm)	NOMINAL CROSS SECTION mm ²	EFFECTIVE PERIMETER mm
	Effective	Tolerance				
• Ø 7	0.302	7%	7	+0.3	38.5	22.0
• Ø 8	0.395	7%	8	+0.4	50.3	25.1
• Ø 10	0.617	5%	10	+0.4	78.5	31.4
• Ø 12	0.888	5%	12	+0.4	113.1	37.7
• Ø 16	1.578	5%	16	+0.5	201.1	50.3
• Ø 19	2.226	4%	19	+0.5	283.5	59.7
• Ø 22	2.984	4%	22	+0.5	380.1	69.1
• Ø 25	3.853	4%	25	+0.5	490.9	76.5
• Ø 29	5.185	5%	29	+0.6	662.5	91.1
• Ø 32	6.313	4%	32	+0.6	804.2	100.5

DEFORMED BAR SIZES (According to JIS G3112)

CODE NO.	UNIT WEIGHT (kg/m)		EFF. DIA. d mm	EFF. CROSS SEC. AREA mm ²	EFFECTIVE PERIMETER mm	h mm	p mm	b mm	ANGLE BETWEEN KNOTS
	Effective	Tolerance							
D-10	0.617	6%	10	78.5	31.4	0.5	7.0 max.	3.9 max.	90°
D-13	1.042	6%	13	132.7	40.8	0.7	9.1 max.	5.1 max.	90°
• D-16	1.578	5%	16	201.1	50.3	0.8	11.2 max.	6.3 max.	90°
• D-19	2.226	5%	19	283.5	59.7	1.0	13.3 max.	7.5 max.	90°
D-22	2.984	5%	22	380.1	69.1	1.1	15.4 max.	8.6 max.	90°
D-25	3.853	5%	25	490.9	76.5	1.3	17.5 max.	9.8 max.	90°
D-29	5.185	4%	29	662.5	91.1	1.4	20.3 max.	10.3 max.	90°
D-32	6.313	4%	32	804.2	100.5	1.6	22.4 max.	11.3 max.	90°

NOTE : * Available ready stock

CHEMICAL COMPOSITION

TYPE	SYMBOL OF GRADE	CHEMICAL COMPOSITION (%)					
		C	Si	Mn	P	S	
Round Bar	SR 24	-	-	-	0.050 max	0.050 max	
Deformed Bar	SD 40	0.29 max	0.55 max	1.8 max	0.040 max	0.040 max	

ACCORDING TO JIS G 3112

MECHANICAL PROPERTIES

TYPE	SYMBOL OF GRADE	YIELD POINT		TENSILE STRENGTH		ELONGATION % min	BENDABILITY		SIZE	
		Min.	Max.	Min.	Max.		Angle	Inside Radius	d	Length
Round Bar	SR 24	235	-	382	520	20	180°	d x 2	5.5 to 25	12
Deformed Bar	SD 40	390	510	590	-	16	180°	d x 2.5	10 to 25	12

ACCORDING TO JIS G 3112



PT. GUNUNG RAJA PAKSI
Steel In Our Business

STEEL PLATE

CALCULATED PLATE WEIGHT (FROM THICKNESS AND SIZE)

Width x Length (In mm)	1219 X 2438	1219 X 6096	1524 X 3048	1524 X 6096	1524 X 9144	1524 X 12192	1524 X 18288	1829 X 12192	2133 X 6096	2133 X 12192	2438 X 6096	2438 X 12192	2743 X 6096	2743 X 12192	3048 X 6096	3048 X 12192	3353 X 12192
Width x Length (In ft)	4'x8'	4'x20'	5'x10'	5'x20'	5'x30'	5'x40'	6'x20'	6'x40'	7'x20'	7'x40'	8'x20'	8'x40'	9'x20'	9'x40'	10'x20'	10'x40'	11'x40'
Thickness (mm)	48-96	48-240	60x120	60x240	60x360	60x480	72x240	72x480	84x240	84x480	96x240	96x480	108x240	120x240	120x240	120x480	132x480
8	187	467			583	875	1167	1400	817	1634	933	1867	1051	2100	1167	2334	2567
9	210	525	328	656	985	1313	1788	1575	919	1837	1050	2100	1182	2363	1313	2625	2888
10	233	583	365	729	1094	1459	1975	1750	1201	2042	1167	2333	1313	2625	1459	2917	3209
12	280	700	438	875	1313	1750	2325	2100	1225	2450	1400	2800	1575	3150	1750	3500	3851
12.7	296	741	463	926	1389	1852	2425	2223	1266	2533	1482	2966	1667	3334	1852	3705	4076
14	327	817	510	1021	1532	2042	2725	2451	1429	2858	1634	3267	1838	3675	2042	4084	4493
15	350	875	547	1094	1641	2188	2913	2626	1532	3062	1750	3500	1969	3938	2188	4376	4814
16	373	933	584	1167	1750	2334	3100	2801	1634	3266	1867	3734	2100	4201	2334	4667	5134
18	420	1050	656	1313	1969	2625	3575	3151	1837	3675	2100	4200	2363	4725	2625	5251	5776
19	443	1108	693	1386	2078	2771	3700	3326	1939	3879	2217	4433	2494	4968	2771	5543	6097
20	467	1167	729	1459	2188	2917	3825	3501	2041	4083	2333	4667	2625	5250	2917	5834	6418
22	513	1283	802	1604	2407	3209	4226	3851	2246	4491	2567	5133	2868	5776	3209	6418	7060
24	560	1400	875	1750	2625	3501	4701	4201	2450	4900	2800	5600	3150	6301	3501	7001	7702
25	583	1458	912	1823	2735	3646	4926	4376	2552	5104	2917	5833	3282	6563	3646	7293	8023
25.4	593	1482	926	1852	2779	3705	4993	4446	2593	5185	2963	5927	3334	6668	3705	7410	8151
26	607	1517	948	1896	2844	3792	5076	4551	2654	5308	3033	6067	3413	6826	3792	7585	8344
28	653	1633	1021	2042	3063	4084	5451	4901	2858	5716	3267	6534	3676	7351	4084	8168	8985
30	700	1750	1094	2188	3282	4376	5826	5251	3062	6124	3500	7000	3938	7876	4376	8751	9627
32	747	1867	1167	2334	3501	4668	6201	5602	3266	6533	3733	7467	4200	8401	4667	9335	10269
36	840	2100	1313	2625	3938	5251	7026	6302	3675	7349	4200	8400	4725	9451	5251	10502	11553
38	887	2217	1386	2771	4157	5543	7326	6652	3879	7757	4433	8867	4968	9976	5543	11085	12194
40	933	2333	1459	2917	4376	5834	7651	7001	4083	8166	4667	9334	5250	9304	5834	11669	12836
45	1050	2625	1641	3282	4923	6564	8723	7877	4593	9186	5250	10500	5907	11814	6564	13127	14441
50	1167	2917	1823	3646	5470	7293	9976	8752	5104	10207	5833	11667	6563	13126	7293	14586	16045
55	1283	3209	2006	4011	6017	8022	10976	9628	5614	11228	6417	12833	7219	14439	8022	16044	17650
60	1400	3500	2188	4376	6564	8752	12001	10503	6124	12269	7000	14000	7876	15751	8751	17503	19254
65	1516	3792	2370	4740	7111	9481	13076	11376	6635	13269	7583	15167	8532	17064	9481	18962	20859
70	1633	4083	2553	5105	7658	10210	14227	12253	7145	14290	8167	16333	9188	18377	10210	20420	22463
75	1750	4375	2735	5470	8204	10939	15129	13229	7655	15331	8750	17500	9845	19689	10939	21879	24068
80	1866	4667	2917	5834	8751	11669	16004	14004	8166	16331	9333	18667	10501	21002	11669	23337	25672
85	1983	4958	3099	6199	9298	12398	16879	14879	8576	17352	9917	19833	11157	22315	12398	24796	27277
90	2100	5250	3282	6564	9845	13127	17777	15754	9186	18373	10500	21000	11814	23627	13127	26254	28882
95	2217	5542	3464	6928	10392	13858	18630	16630	9697	19394	11083	22167	12470	24940	13858	27713	30486
100	233	5833	3646	7293	10939	14586	19505	17505	10207	20414	11667	23333	13126	26252	14586	29172	32091

Calculated considering specific gravity of steel as 7.85 kg/m³, and dimension in mm.

Not Available Sizes

(Brosur Plat Baja)

www.grdsteel.com



Shear Connectors

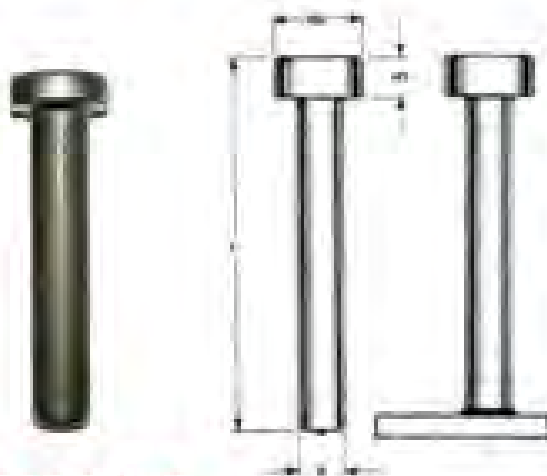
Headed Shear Connectors are used as an essential component in composite beam design and construction.

Shank Diameter (d)	Length (L) tolerance	Head Diameter tolerance	Minimum head height HT
19.0 +0.00 -0.38	±1.6	31.7 ± 0.4	9.5
22.2 +0.00 -0.38	±1.6	34.9 ± 0.4	9.5

Material	LOW CARBON STEEL AS1445 S1010 to S1020 Or K1010 to K1020		
Mechanical Properties	Tensile Yield Elongation Reduction of area	410MPa (min) 345MPa (min) 12% 20% (min)	

Shear Connectors

Size	Part Number	Pack Size
13 X 50	ESC11-13-050	250
13 X 75	ESC11-13-075	150
13 X 100	ESC11-13-100	125
16 X 75	ESC11-16-075	125
16 X 100	ESC11-16-100	100
16 X 150	ESC11-16-150	75
19 X 75	ESC11-19-075	100
19 X 95	ESC11-19-095	75
19 X 100	ESC11-19-100	75
19 X 105	ESC11-19-105	75
19 X 115	ESC11-19-115	60
19 X 120	ESC11-19-120	60
19 X 127	ESC11-19-127	60
19 X 150	ESC11-19-150	50
19 X 178	ESC11-19-178	45
19 X 198	ESC11-19-198	40
22 X 100	ESC11-22-100	50
22 X 125	ESC11-22-125	50
22 X 150	ESC11-22-150	40
22 X 178	ESC11-22-178	40
22 X 198	ESC11-22-198	35



FERRULE

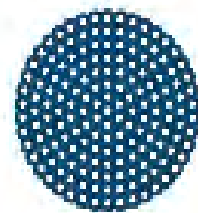


Note Ferrules are a component part of studs and not sold separately

(Brosur Shear Conector)

BRIDON

High-quality steel wire ropes for surface mining applications



Galvanized Structural Strand

Strand Diameter		Approx. Metallic Area		Weight Approx.		Minimum Breaking Force	
in	mm	sq. in.	sq. mm	lbs/ft	kg/m	tons (2000 lbs)	metric tons
1/2	12.7	0.15	97	0.52	0.80	15	14
5/8	15.9	0.23	148	0.82	1.20	24	22
3/4	19.1	0.34	219	1.18	1.80	34	31
7/8	22.2	0.48	297	1.61	2.40	46	42
1	25.4	0.60	387	2.10	3.10	61	55
1-1/8	28.6	0.76	490	2.66	4.00	78	71
1-1/4	31.8	0.94	606	3.28	4.90	96	87
1-3/8	34.9	1.13	729	3.97	5.90	116	105
1-1/2	38.1	1.35	871	4.73	7.00	138	125
1-5/8	41.3	1.59	1026	5.56	8.30	162	147
1-3/4	44.5	1.84	1187	6.43	9.60	188	171
1-7/8	47.6	2.11	1361	7.39	11.00	216	196
2	50.8	2.40	1548	8.40	12.50	245	222
2-1/8	54.0	2.71	1748	9.49	14.10	277	251
2-1/4	57.2	3.04	1961	10.64	15.80	310	281
2-3/8	60.3	3.38	2181	11.85	17.60	344	312
2-1/2	63.5	3.75	2419	13.13	19.50	378	341
2-5/8	66.7	4.13	2666	14.47	21.50	417	378
2-3/4	69.9	4.54	2929	15.88	23.60	452	410
2-7/8	73.0	4.96	3200	17.36	25.80	494	448
3	76.2	5.40	3484	18.90	28.10	538	488
3-1/8	79.4	5.86	3781	20.51	30.50	584	530
3-1/4	82.6	6.34	4090	22.18	33.00	625	567
3-3/8	85.7	6.83	4406	23.92	35.60	673	611
3-1/2	88.9	7.35	4742	25.73	38.30	724	657
3-5/8	92.1	7.88	5084	27.60	41.10	768	697
3-3/4	95.3	8.44	5445	29.53	43.90	822	746
3-7/8	98.4	9.01	5813	31.53	46.90	878	797
4	101.6	9.60	6194	33.60	50.00	925	839
4-1/4	108.0	10.80	6968	37.90	56.40	1040	943
4-3/8	111.1	11.20	7419	40.20	59.80	1100	998
4-1/2	114.3	11.80	7613	41.30	61.50	1140	1024
4-3/4	120.7	13.00	8387	45.50	67.70	1300	1179

(Brosur Kabel Jembatan)

Closed Bridge Sockets

UF 600 'C' SERIES

Material Specification

- Sockets are ASTM A148 Grade 105/85
- All sockets are magnetic particle inspected at critical areas and proof tested on special order



Note: This drawing illustrates three grooves used on sockets 1 5/8" and larger. Sockets 1/2" and smaller use 1 groove and sockets 9/16" - 1 1/2" have two grooves

A FOR TAKE-UP													
Part #	Rope Diameter	Strand Diameter	Std. Take Up	Std.	48"	72"	84"	96"	B	C	d	D	J
601	1/2	1/2	9	17	55	80	92	104	1 1/4	3 3/8	5/8	1 1/4	3 1/8
602	5/8	9/16 - 5/8	9	19	58	82	94	106	1 5/8	4 3/8	3/4	1 7/8	3 1/4
603	3/4 - 7/8	11/16 - 3/4	9	20	59	83	95	107	1 23/32	4 3/4	1	1 11/16	4 3/8
604	1	13/16 - 7/8	9	22	61	85	97	109	1 29/32	5 3/16	1 1/8	2 1/8	5
605	1 1/8	1 5/16 - 1	9	23	62	86	98	110	2 1/16	5 3/4	1 1/4	2 5/8	5 13/16
606	1 1/4	1 1/16 - 1 1/8	12	27	63	87	99	111	2 1/8	6	1 3/8	2 9/8	6
607	1 3/8	1 3/16 - 1 1/4	12	28	64	88	100	112	2 11/32	6 3/4	1 5/8	2 13/16	6 1/4
608	1 1/2	1 5/16 - 1 3/8	12	30	66	90	102	114	2 1/2	7 3/16	1 3/4	3 1/8	6 7/8
609	1 5/8 - 1 3/4	1 7/16 - 1 1/2	15	34	67	91	103	115	2 27/32	8 1/2	2	3 9/8	6 11/16
610	1 7/8 - 2	1 9/16 - 1 3/4	15	36	69	93	105	117	3 5/32	9	2 1/4	3 13/16	7 7/8
611	2 1/8 - 2 1/4	1 13/16 - 2	18	42	72	96	108	120	3 21/32	10 1/4	2 1/2	4 5/8	8 11/16
612	2 3/8 - 2 1/2	2 1/16 - 2 1/4	18	45	75	99	111	123	4 5/32	11 1/2	2 3/4	4 13/16	10 1/8
613	2 5/8 - 2 3/4	2 5/16 - 2 3/8	18	48	78	102	114	126	4 5/8	12 3/4	3	5 1/8	11 13/16
614	2 7/8 - 3	2 7/16 - 2 5/8	21	53	80	104	116	128	4 27/32	13 3/8	3 1/4	5 5/8	12 13/16
615	3 1/4	2 11/16 - 2 3/4	21	55	82	106	118	130	5 1/16	14 1/8	3 1/2	5 13/16	13 1/2
616	3 1/2	2 7/8 - 3	21	58	85	109	121	133	5 17/32	15 1/4	3 3/4	6 13/16	15 1/4
617	3 3/4	3 1/8 - 3 1/4	24	65	89	113	125	137	6 1/8	17 1/4	4	7 1/8	17 1/8
618	(none)	3 3/8 - 3 1/2	24	69	93	117	129	141	6 29/32	18 5/16	4 1/4	7 5/8	19 1/4
619	4	3 5/8 - 3 3/4	24	72	96	120	132	144	7 5/16	19 3/8	4 1/2	7 9/8	18 1/4
620	4 1/4 - 4 3/8	3 7/8 - 4	24	75	99	123	135	147	7 23/32	20 7/16	4 3/4	7 13/16	20
621	4 1/2 - 4 3/4	4 1/8 - 4 3/8	25	78	101	125	137	149	7 21/32	20	5	7 5/8	20
622	5 - 5 1/4	4 1/2 - 4 3/4	27	81	102	126	138	150	7 29/32	21	5 1/4	7 9/8	21 1/4
623	5 1/2 - 5 3/4	4 7/8 - 5 1/8	30	87	105	129	141	153	8 9/32	22	5 1/2	8 1/8	22 3/4
624	6	5 1/4 - 5 1/2	31	91	108	132	144	156	8 17/32	23	5 3/4	8 9/8	24 1/8

AN ULVEN COMPANY

HOUSTON STRUCTURES INC

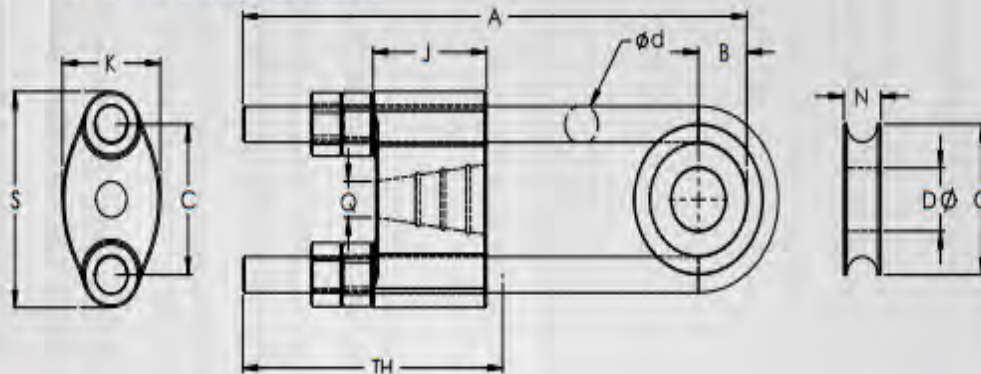
P.O. Box 434 • 2310 Industrial Avenue • Hubbard, OR 97032
Main: 503-651-3174 • Fax: 503-982-9744 • www.ulvencompanies.com

Closed Bridge Sockets

UF 600 'C' SERIES

Tolerances

- Dimensions under 4": $\pm 1/8"$
- Dimensions over 4": $\pm 1/4"$
- Q (smaller sizes): $\pm 1/32"$
- D: $+0 - 1/32"$ in a self-colored socket



TH FOR TAKE-UP										WT (LBS) TAKE-UP						Part #
K	N	Std.	48"	72"	84"	96"	Q	S	Std.	48"	72"	84"	96"			
2 1/8	1	10 1/2	49 1/2	73 1/2	85 1/2	97 1/2	5/8	4 3/4	9	16	20	22	24	401		
2 1/2	1 1/8	10 3/4	49 3/4	73 3/4	85 3/4	97 3/4	13/16	5 7/8	16	26	32	35	38	402		
3 1/4	1 7/16	11 1/4	50 1/4	74 1/4	86 1/4	98 1/4	1	6 1/2	28	45	56	61	67	403		
3 3/4	1 9/16	11 1/2	50 1/2	74 1/2	86 1/2	98 1/2	1 1/8	7 3/8	40	62	75	82	89	404		
4 1/8	1 11/16	11 3/4	50 3/4	74 3/4	86 3/4	98 3/4	1 1/4	8 1/8	55	82	99	107	115	405		
4 1 1/16	1 13/16	15	51	75	87	99	1 1/2	8 5/8	68	98	118	129	139	406		
4 3/4	2 1/16	15 1/2	51 1/2	75 1/2	87 1/2	99 1/2	1 5/8	9 3/4	100	142	170	185	199	407		
5 1/4	2 3/8	15 3/4	51 3/4	75 3/4	87 3/4	99 3/4	1 3/4	10 7/16	124	173	206	222	238	408		
6 3/8	2 9/16	19 1/4	52 1/4	76 1/4	88 1/4	100 1/4	2	11 11/16	108	167	209	231	252	409		
7 1/4	2 13/16	19 3/4	52 3/4	76 3/4	88 3/4	100 3/4	2 1/4	13 1/8	249	323	377	404	431	410		
8 1/8	3 1/16	23 1/4	53 1/4	77 1/4	89 1/4	101 1/4	2 1/2	14 3/4	356	439	506	539	573	411		
8 3/4	3 5/16	23 3/4	53 3/4	77 3/4	89 3/4	101 3/4	2 3/4	16 1/2	485	586	667	707	747	412		
8 1/8	3 11/16	24 1/4	54 1/4	78 1/4	90 1/4	102 1/4	3	18	610	730	826	874	922	413		
10 5/8	3 15/16	27 3/4	54 3/4	78 3/4	90 3/4	102 3/4	3 1/4	19 1/4	776	903	1015	1072	1128	414		
11 1/4	4 3/16	28 1/4	55 1/4	79 1/4	91 1/4	103 1/4	3 1/2	20 1/4	882	1029	1160	1225	1290	415		
11 7/8	4 1/2	28 3/4	55 3/4	79 3/4	91 3/4	103 3/4	3 3/4	22	1180	1349	1499	1574	1649	416		
13	4 3/4	32 1/4	56 1/4	80 1/4	92 1/4	104 1/4	4	24	1508	1679	1849	1935	2020	417		
13 7/8	5	32 3/4	56 3/4	80 3/4	92 3/4	104 3/4	4 1/8	26	1621	1814	2006	2103	2199	418		
12 3/4	5 1/4	33 1/4	57 1/4	81 1/4	93 1/4	105 1/4	4 1/2	27 5/8	2031	2247	2463	2571	2679	419		
13 7/16	5 1/2	33 3/4	57 3/4	81 3/4	93 3/4	105 3/4	4 3/4	29 7/16	2444	2685	2925	3046	3166	420		
14	5 3/4	36	57	82 1/2	94 1/2	106 1/2	5 1/4	28	2310	2566	2832	2966	3099	421		
14 7/8	6	37	58	83 1/2	95 1/2	107 1/2	5 3/4	30 1/4	2910	3167	3461	3608	3755	422		
16	6 1/4	40 1/2	58 1/2	84 1/2	96 1/2	108 1/2	6 1/4	31 1/2	3425	3667	3990	4151	4313	423		
17	6 1/2	40 1/2	59 1/2	86 1/2	98 1/2	110 1/2	6 1/2	33	4165	4415	4768	4944	5120	424		

AN ULVEN COMPANY

HOUSTON STRUCTURES INC

P.O. Box 434 • 2310 Industrial Avenue • Hubbard, OR 97032
Main: 503-651-3174 • Fax: 503-982-9744 • www.ulvencompanies.com



ALUMINUM-CLAD STEEL STRAND

Aluminum-Clad Steel Strand – ASTM B 416

No. and Size of Wires	Wire Diameter Inches	Strand Diameter Inches	Weight lbs/1000 ft.	Breaking Strength lbs	Resistance at 20° C max, Ω/1000 ft.	Nominal Cross Section Inches ²
37 No. 5	0.1819	1.27	2,802	142,800	0.04247	0.9619
37 No. 6	0.1620	1.13	2,222	120,200	0.05356	0.7629
37 No. 7	0.1443	1.01	1,762	100,700	0.06754	0.6050
37 No. 8	0.1285	0.899	1,398	84,200	0.08516	0.4798
37 No. 9	0.1144	0.801	1,108	66,700	0.1074	0.3805
37 No. 10	0.1019	0.713	879	52,950	0.1354	0.3017
19 No. 5	0.1819	0.910	1,430	73,350	0.08224	0.4940
19 No. 6	0.1620	0.810	1,134	61,700	0.1037	0.3917
19 No. 7	0.1443	0.721	899.5	51,730	0.1308	0.3107
19 No. 8	0.1285	0.642	713.5	43,240	0.1649	0.2464
19 No. 9	0.1144	0.572	565.8	34,290	0.2079	0.1954
19 No. 10	0.1019	0.509	448.7	27,190	0.2622	0.1549
7 No. 5	0.1819	0.546	524.9	27,030	0.2264	0.1820
7 No. 6	0.1620	0.486	416.3	22,730	0.2803	0.1443
7 No. 7	0.1443	0.433	330.0	19,060	0.3535	0.1145
7 No. 8	0.1285	0.385	261.8	15,930	0.4458	0.09077
7 No. 9	0.1144	0.343	207.6	12,630	0.5621	0.07198
7 No. 10	0.1019	0.306	164.7	10,020	0.7088	0.05708
7 No. 11	0.0907	0.272	130.6	7,945	0.8938	0.04523
7 No. 12	0.0808	0.242	103.6	6,301	1.127	0.03590
3 No. 5	0.1819	0.392	224.5	12,230	0.5177	0.07800
3 No. 6	0.1620	0.349	178.1	10,280	0.6528	0.06185
3 No. 7	0.1443	0.311	141.2	8,621	0.8232	0.04905
3 No. 8	0.1285	0.277	112.0	7,206	1.038	0.03890
3 No. 9	0.1144	0.247	88.81	5,715	1.309	0.03085
3 No. 10	0.1019	0.220	70.43	4,532	1.651	0.02446

Application

Aluminum-Clad Steel Strand is primarily used in the guying, and shielding of overhead transmission and distribution lines.

Construction

Each steel wire is clad with a layer of aluminum. The cladding has a continuous, strong metallic bond to the steel core ensuring optimal performance in corrosive environments.

Standards

Conforms to ASTM B 416-98.

(Kabel Penahan Temporary Tower)

STANDARD SIZE AND WEIGHT **ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE**

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	r (mm)
	318.3	6.0	46.34	58.9	719 x 10 ³	452	9.1
		8.0	68.69	87.5	105 x 10 ³	659	10.9
12 1/4	323.9	7.1	55.47	70.6	887 x 10 ³	54.8 x 10	11.2
		9.0	69.89	89.0	110 x 10 ³	68.2 x 10	11.1
14	333.6	6.0	51.73	69.1	105 x 10 ³	593	12.4
		8.0	76.92	98.00	147 x 10 ³	828	12.3
	400	9.0	86.78	110.6	211 x 10 ³	105.7 x 10	13.8
		12.0	134.82	140.3	276 x 10 ³	137.8 x 10	13.7
16	406.4	9.0	88.30	112.4	222 x 10 ³	109.2 x 10	14.1
		12.0	116.71	143.7	289 x 10 ³	142.4 x 10	14.0
20	508.0	9.0	130.75	161.1	439 x 10 ³	179 x 10	17.6
		12.0	146.78	187.0	579 x 10 ³	227 x 10	17.5
		14.0	170.55	217.3	663 x 10 ³	261 x 10	17.5
24	609.6	9.0	153.30	189.0	796 x 10 ³	251 x 10	21.2
		12.0	176.84	225.5	101 x 10 ³	310 x 10	21.1
		14.0	205.62	262.0	146 x 10 ³	381 x 10	21.1
		16.0	234.21	298.4	232 x 10 ³	481 x 10	21.0
28	711.2	9.0	155.85	195.5	132 x 10 ³	344 x 10	24.8
		12.0	206.81	263.6	161 x 10 ³	453 x 10	24.7
		14.0	240.70	306.6	186 x 10 ³	524 x 10	24.7
		16.0	274.60	349.4	211 x 10 ³	594 x 10	24.6
32	812.8	9.0	178.40	227.1	154 x 10 ³	452 x 10	28.4
		12.0	236.47	301.9	242 x 10 ³	596 x 10	28.3
		14.0	275.76	351.3	280 x 10 ³	690 x 10	28.2
		16.0	314.39	400.5	318 x 10 ³	782 x 10	28.2
36	914.4	12.0	287.04	348.2	346 x 10 ³	758 x 10	31.9
		14.0	310.35	396.0	401 x 10 ³	878 x 10	31.8
		16.0	354.47	451.6	456 x 10 ³	997 x 10	31.8
		19.0	419.53	534.5	536 x 10 ³	117 x 10 ³	31.7
40	1016.0	12.0	297.10	378.5	477 x 10 ³	939 x 10	35.5
		14.0	345.93	440.7	553 x 10 ³	109 x 10 ³	35.4
		16.0	394.56	502.7	628 x 10 ³	124 x 10 ³	35.4
		19.0	467.13	595.1	740 x 10 ³	146 x 10 ³	35.3
44	1117.6	12.0	327.17	418.8	637 x 10 ³	114 x 10 ³	39.1
		14.0	381.81	485.4	739 x 10 ³	132 x 10 ³	39.0
		16.0	434.85	553.7	840 x 10 ³	150 x 10 ³	39.0
		19.0	514.74	655.8	990 x 10 ³	177 x 10 ³	38.8
	1200	14.0	409.45	521.6	917 x 10 ³	153 x 10 ³	41.9
		16.0	467.16	595.1	104 x 10 ³	174 x 10 ³	41.9
		19.0	553.35	704.9	123 x 10 ³	205 x 10 ³	41.8
		22.0	639.09	814.2	141 x 10 ³	235 x 10 ³	41.7
48	1219.2	14.0	416.08	530.1	963 x 10 ³	158 x 10 ³	42.6
		16.0	474.73	604.8	109 x 10 ³	180 x 10 ³	42.5
		19.0	562.34	716.4	129 x 10 ³	212 x 10 ³	42.4
		22.0	648.56	827.4	148 x 10 ³	243 x 10 ³	42.3
	1300	14.0	443.98	565.6	117 x 10 ³	180 x 10 ³	45.5
		16.0	506.62	645.4	133 x 10 ³	205 x 10 ³	45.4
		19.0	600.20	764.6	157 x 10 ³	241 x 10 ³	45.3
		22.0	693.34	883.1	180 x 10 ³	276 x 10 ³	45.2

(Brosur Tiang Pancang)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	Degrees	N/mm	J-mm/mn	-mm/mn	-mm/m	-mm/m	-mm/m	Degrees
7757	11539	-15.42	73.59	4.14	73.78	-15.62	87.34	82.71	86429.6	55360.1	-56978	129953	11837	-37.38
7757	11539	-15.42	73.59	4.14	73.78	-15.62	87.34	82.71	86429.6	55360.1	-56978	129953	11837	-37.38
7757	11539	-15.46	73.58	4.17	73.78	-15.66	87.327	82.72	86430.5	55363	-56980	129956	11838	-37.38
7757	11539	-15.46	73.58	4.17	73.78	-15.66	87.327	82.72	86430.5	55363	-56980	129956	11838	-37.38
7580	11427	-63.38	4.8	-41.68	24.56	-83.14	-64.64	97.76	-69270	102217	-5918	102421	-69474	-88.03
7580	11427	-63.68	5.4	-41.75	25.05	-83.32	-64.8	98.27	-69286	102236	-5921	102440	-69491	-88.03
7580	11427	-63.68	5.4	-41.75	25.05	-83.32	-64.8	98.27	-69286	102236	-5921	102440	-69491	-88.03
7580	11427	-63.99	6.61	-41.74	25.97	-83.36	-65.11	98.94	-69164	102272	-5887	102474	-69366	-88.04
7580	11427	-63.99	6.61	-41.74	25.97	-83.36	-65.11	98.94	-69164	102272	-5887	102474	-69366	-88.04
7580	11427	-64.29	7.21	-41.81	26.47	-83.55	-65.27	99.46	-69181	102291	-5889	102493	-69383	-88.04
7580	11427	-64.29	7.21	-41.81	26.47	-83.55	-65.27	99.46	-69181	102291	-5889	102493	-69383	-88.04
7756	11537	-31.8	45.92	-0.64	45.92	-31.8	-89.53	67.68	-25452	109259	-1E+05	169969	-86162	-60.87
7756	11537	-31.8	45.92	-0.64	45.92	-31.8	-89.53	67.68	-25452	109259	-1E+05	169969	-86162	-60.87
7756	11537	-31.96	45.73	-0.52	45.73	-31.96	-89.62	67.63	-25453	109263	-1E+05	169974	-86164	-60.87
7756	11537	-31.96	45.73	-0.52	45.73	-31.96	-89.62	67.63	-25453	109263	-1E+05	169974	-86164	-60.87
7756	11537	-33.09	46.67	-0.35	46.68	-33.09	-89.75	69.41	-25437	109291	-1E+05	169973	-86120	-60.87
7756	11537	-33.09	46.67	-0.35	46.68	-33.09	-89.75	69.41	-25437	109291	-1E+05	169973	-86120	-60.87
7756	11537	-33.24	46.49	-0.23	46.49	-33.24	-89.84	69.37	-25437	109294	-1E+05	169978	-86122	-60.87
7756	11537	-33.24	46.49	-0.23	46.49	-33.24	-89.84	69.37	-25437	109294	-1E+05	169978	-86122	-60.87
7756	11537	-79	-21.34	39.91	-0.93	-99.41	62.921	98.94	-25462	109345	-1E+05	170064	-86181	-60.87
7756	11537	-79	-21.34	39.91	-0.93	-99.41	62.921	98.94	-25462	109345	-1E+05	170064	-86181	-60.87
7756	11537	-79.16	-21.53	40.03	-1.02	-99.67	62.873	99.16	-25462	109349	-1E+05	170069	-86183	-60.87
7756	11537	-79.16	-21.53	40.03	-1.02	-99.67	62.873	99.16	-25462	109349	-1E+05	170069	-86183	-60.87
7756	11537	-80.29	-20.58	40.2	-0.36	-100.5	63.298	100.33	-25447	109376	-1E+05	170069	-86139	-60.88
7756	11537	-80.29	-20.58	40.2	-0.36	-100.5	63.298	100.33	-25447	109376	-1E+05	170069	-86139	-60.88
7756	11537	-80.44	-20.77	40.32	-0.44	-100.8	63.25	100.55	-25447	109380	-1E+05	170074	-86141	-60.88
7756	11537	-80.44	-20.77	40.32	-0.44	-100.8	63.25	100.55	-25447	109380	-1E+05	170074	-86141	-60.88
7580	11428	-22.99	45.88	-6.18	46.43	-23.54	-84.91	61.66	-43798	123344	65250	145800	-66254	71.009
7580	11428	-22.99	45.88	-6.18	46.43	-23.54	-84.91	61.66	-43798	123344	65250	145800	-66254	71.009
7580	11428	-23.25	46.59	-6.28	47.14	-23.81	-84.91	62.55	-43809	123366	65262	145826	-66268	71.009
7580	11428	-23.25	46.59	-6.28	47.14	-23.81	-84.91	62.55	-43809	123366	65262	145826	-66268	71.009
7580	11428	-23.65	47.53	-6.95	48.2	-24.32	-84.48	63.93	-43739	123423	65262	145884	-66200	71.008
7580	11428	-23.65	47.53	-6.95	48.2	-24.32	-84.48	63.93	-43739	123423	65262	145884	-66200	71.008
7580	11428	-23.92	48.24	-7.04	48.92	-24.6	-84.48	64.82	-43750	123446	65274	145910	-66215	71.009
7580	11428	-23.92	48.24	-7.04	48.92	-24.6	-84.48	64.82	-43750	123446	65274	145910	-66215	71.009
7580	11428	-64.1	2.4	-42.14	22.82	-84.52	-64.14	97.95	-43783	123474	65296	145946	-66255	71.009
7580	11428	-64.1	2.4	-42.14	22.82	-84.52	-64.14	97.95	-43783	123474	65296	145946	-66255	71.009
7580	11428	-64.36	3.11	-42.23	23.43	-84.68	-64.31	98.51	-43793	123496	65308	145972	-66269	71.009
7580	11428	-64.36	3.11	-42.23	23.43	-84.68	-64.31	98.51	-43793	123496	65308	145972	-66269	71.009
7580	11428	-64.76	4.05	-42.91	24.64	-85.35	-64.36	99.98	-43724	123554	65308	146031	-66201	71.008
7580	11428	-64.76	4.05	-42.91	24.64	-85.35	-64.36	99.98	-43724	123554	65308	146031	-66201	71.008
7580	11428	-65.03	4.76	-43	25.24	-85.51	-64.53	100.54	-43734	123576	65320	146057	-66215	71.008
7580	11428	-65.03	4.76	-43	25.24	-85.51	-64.53	100.54	-43734	123576	65320	146057	-66215	71.008
		Max							114703	156737				
		Min							-407326	-393931				

(Out Put Momen Wingwall Dari Sap 2000)

TABLE: Concrete Design 1 - Column Summary Data - ACI 318-05/IBC2003				
Frame	DesignSect	DesignType	PMMArea	VMajRebar
Text	Text	Text	mm2	mm2/mm
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
3	Kolom 6000 x 6000	Column	360000	5.344
		Max	360000	5.344
		Min	360000	5.344

(Out Put Momen Kolom Pilar Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	Angle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	degree	N/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/m	N-mm/m	N-mm/m	Degrees
3582	2235	205.9	-2932	1396.2	737.23	-3463	20.8	3884	-258189.9	-383001.5	-74378	-2E+05	-4E+05	-25
3582	811	83.1	-2968	1378.5	613.63	-3499	21	3843	-406914	-436525.3	-2E+05	-2E+05	-6E+05	-42.72
3582	2012	349.3	-2081	1369.5	965.08	-2697	24.2	3287	-467349	-310662.1	-83655	-3E+05	-5E+05	-66.56
3582	2271	176.1	-45.6	-185.7	281.53	-151	-29.6	380.2	-390211.4	-300755.5	-3593	-3E+05	-4E+05	-87.7
3582	2235	165.2	-82	-243.9	314.95	-231.8	-31.6	475.3	-307028.5	-393465.4	-61753	-3E+05	-4E+05	-27.51
3582	811	206.4	-69.7	-261.2	363.78	-227.1	-31.1	516.3	-391645.9	-423667.2	-2E+05	-3E+05	-6E+05	-42
3582	2012	217.3	-33.2	-203.1	330.63	-146.6	-29.2	423.4	-474944.3	-331011.6	-94059	-3E+05	-5E+05	-63.71
3582	2271	247.6	-66.5	-249.2	385.13	-204	-28.9	518.2	-350388.1	-280715.2	18211	-3E+05	-4E+05	76.201
3582	2235	234.7	-109	-325.8	431.06	-305.8	-31.1	641.2	-283624.5	-421689.4	-78726	-2E+05	-5E+05	-24.38
3582	811	291.2	-92.5	-349	497.61	-298.9	-30.6	696.9	-422992.9	-466356.9	-2E+05	-2E+05	-6E+05	-41.95
3582	2012	304.1	-49.5	-272.4	452.06	-197.5	-28.5	576.8	-489880.8	-325456.6	-1E+05	-3E+05	-5E+05	-63.95
3582	2271	176.1	-45.6	-185.7	281.53	-151	-29.6	380.2	-390211.4	-300755.5	-3593	-3E+05	-4E+05	-87.7
3582	2235	165.2	-82	-243.9	314.95	-231.8	-31.6	475.3	-307028.5	-393465.4	-61753	-3E+05	-4E+05	-27.51
3582	811	206.4	-69.7	-261.2	363.78	-227.1	-31.1	516.3	-391645.9	-423667.2	-2E+05	-3E+05	-6E+05	-42
3582	2012	217.3	-33.2	-203.1	330.63	-146.6	-29.2	423.4	-474944.3	-331011.6	-94059	-3E+05	-5E+05	-63.71
3582	2271	247.6	-66.5	-249.2	385.13	-204	-28.9	518.2	-350388.1	-280715.2	18211	-3E+05	-4E+05	76.201
3582	2235	234.7	-109	-325.8	431.06	-305.8	-31.1	641.2	-283624.5	-421689.4	-78726	-2E+05	-5E+05	-24.38
3582	811	291.2	-92.5	-349	497.61	-298.9	-30.6	696.9	-422992.9	-466357	-2E+05	-2E+05	-6E+05	-41.95
3582	2012	304.1	-49.5	-272.4	452.06	-197.5	-28.5	576.8	-489880.8	-325456.6	-1E+05	-3E+05	-5E+05	-63.95
3582	2271	400.8	-2023	1450.9	1079.3	-2702	25.1	3373	-359123.3	-276522.1	5571.8	-3E+05	-4E+05	86.158
3582	2235	136.4	-2904	1478.5	736.79	-3505	22.1	3925	-281714.6	-354602.8	-57504	-3E+05	-4E+05	-28.82
3582	811	-1.95	-2946	1466.6	603.98	-3552	22.4	3889	-375810.9	-393749.5	-1E+05	-2E+05	-5E+05	-43.1
3582	2012	262.4	-2065	1439	949.38	-2752	25.5	3329	-452709.9	-316348.5	-71999	-3E+05	-5E+05	-66.72
3582	2271	472.3	-2044	1387.3	1087	-2659	23.9	3338	-319299.9	-256481.8	27376	-2E+05	-3E+05	69.462
3582	2235	206	-2932	1396.6	737.51	-3463	20.8	3885	-258310.6	-382826.8	-74477	-2E+05	-4E+05	-25.05
3582	811	82.93	-2969	1378.9	613.68	-3499	21.1	3843	-407157.9	-436439.3	-2E+05	-2E+05	-6E+05	-42.74
3582	2012	349.2	-2081	1369.6	965.07	-2697	24.2	3287	-467646.3	-310793.5	-83525	-3E+05	-5E+05	-66.6
3582	2271	400.8	-2023	1450.9	1079.3	-2702	25.1	3373	-359123.3	-276522.1	5571.8	-3E+05	-4E+05	86.158
3582	2235	136.4	-2904	1478.5	736.79	-3505	22.1	3925	-281714.6	-354602.8	-57504	-3E+05	-4E+05	-28.82
3582	811	-1.95	-2946	1466.6	603.98	-3552	22.4	3889	-375810.9	-393749.5	-1E+05	-2E+05	-5E+05	-43.1
3582	2012	262.4	-2065	1439	949.38	-2752	25.5	3329	-452709.9	-316348.5	-71999	-3E+05	-5E+05	-66.72
3582	2271	472.3	-2044	1387.3	1087	-2659	23.9	3338	-319300	-256481.9	27376	-2E+05	-3E+05	69.462
3582	2235	206	-2932	1396.6	737.51	-3463	20.8	3885	-258310.6	-382826.8	-74477	-2E+05	-4E+05	-25.05
3582	811	82.93	-2969	1378.9	613.68	-3499	21.1	3843	-407157.9	-436439.3	-2E+05	-2E+05	-6E+05	-42.74
3582	2012	349.2	-2081	1369.6	965.07	-2697	24.2	3287	-467646.3	-310793.5	-83525	-3E+05	-5E+05	-66.6
3581	2271	322.6	-2089	1205.6	821.9	-2588	22.5	3083	-480740.3	-243008.4	-1E+05	-2E+05	-5E+05	-65.01
3581	2012	304.3	-2094	1340.2	903.41	-2694	24.1	3241	-389693.6	-349313.2	90580	-3E+05	-5E+05	51.283
3581	2010	490.1	-1475	1085.9	971.96	-1957	23.9	2584	-485050.4	-698670.3	-18373	-5E+05	-7E+05	-4.88
3581	2270	436	-1454	1054.5	906.96	-1925	24.1	2505	-607158.5	-505343	-2E+05	-3E+05	-8E+05	-51.78
3581	2271	251.8	-2068	1288.8	825.82	-2642	24	3137	-473209.6	-260267	-1E+05	-2E+05	-5E+05	-66.3
3581	2012	172	-2092	1398.2	839.01	-2759	25.5	3260	-390591.7	-348194	53449	-3E+05	-4E+05	55.817
3581	2010	356.2	-1478	1163.9	920.86	-2043	25.9	2627	-501706.4	-616619.1	-41827	-5E+05	-6E+05	-18.03
3581	2270	508.4	-1470	951.35	891.64	-1853	21.9	2425	-604841.8	-563053.7	-3E+05	-3E+05	-8E+05	-47.38
3581	2271	322.6	-2089	1205.6	821.9	-2588	22.5	3083	-480740.3	-243008.4	-1E+05	-2E+05	-5E+05	-65.01
3581	2012	304.3	-2094	1340.2	903.41	-2694	24.1	3241	-389693.6	-349313.2	90580	-3E+05	-5E+05	51.283
3581	2010	490.1	-1475	1085.9	971.96	-1957	23.9	2584	-485050.4	-698670.3	-18373	-5E+05	-7E+05	-4.88
3581	2012	304.3	-2094	1339.5	902.97	-2693	24.1	3240	-389648.1	-349209.2	90558	-3E+05	-5E+05	51.293
3581	2010	490.2	-1475	1085.5	971.8	-1956	23.9	2583	-484937.5	-698624.1	-18258	-5E+05	-7E+05	-4.849
3581	2270	435.7	-1454	1054.3	906.68	-1925	24.1	2504	-606898.8	-505403.2	-2E+05	-3E+05	-8E+05	-51.76
						Max			23430649	10854088				
						Min			-39862830	-23363565				

(Out Put Momen Pile Cap Pilar Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	Degrees	N/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/m	N-mm/m	N-mm/m	Degrees
774	468	-1056	-227.6	825.23	281.45	-1565	58.331	1723.4	60556.38	35838.61	160101	208774	-1E+05	42.793
774	482	-812.3	-154.4	1082.1	647.64	-1614	53.454	2017.6	7237.3	-1973.12	139601	142309	-1E+05	44.055
774	400	-848	-273.5	879.45	364.46	-1486	54.045	1697.7	-111570	-5337.76	180412	129615	-2E+05	53.203
774	398	-1092	-346.7	622.61	6.27	-1445	60.452	1448.2	-60037.5	37614.89	200911	195548	-2E+05	51.83
774	468	-1178	-269.4	1020.4	393.2	-1841	57.002	2065.6	78583.06	46601.44	208708	271912	-1E+05	42.809
774	482	-896.3	-184.8	1338.4	844.32	-1925	52.442	2458.8	9109.92	-2728.09	181895	185182	-2E+05	44.068
774	400	-940.3	-331.4	1089.7	495.55	-1767	52.804	2060.2	-145814	-6968.46	235053	168699	-3E+05	53.227
774	398	-1222	-416	771.64	51.51	-1690	58.79	1716	-78666.8	49053.36	261866	254733	-3E+05	51.852
774	468	-948	-504.5	1315	607.31	-2060	49.786	2421.3	61359.71	35969.84	159743	208912	-1E+05	42.728
774	482	-1246	-594	1807.7	916.85	-2757	50.113	3312	8030.97	-1863.39	139216	142388	-1E+05	43.982
774	400	-1260	-640.3	1160.9	251.39	-2152	52.472	2287.8	-110932	-5217.92	180034	129558	-2E+05	53.181
774	398	-961.9	-550.9	668.2	-57.29	-1455	53.548	1427.7	-59384.8	37741.18	200562	195536	-2E+05	51.806
774	468	-1070	-546.3	1510.1	724.6	-2341	49.917	2774.9	79386.39	46732.67	208351	272049	-1E+05	42.76
774	482	-1330	-624.4	2064.1	1116.7	-3071	49.851	3756.3	9903.6	-2618.36	181509	185260	-2E+05	44.012
774	400	-1352	-698.3	1371.2	384.29	-2435	51.707	2648.1	-145176	-6848.62	234675	168643	-3E+05	53.211
774	398	-1092	-620.2	817.22	-5.49	-1707	53.05	1703.9	-78014.2	49179.65	261517	254721	-3E+05	51.834
774	468	-948	-504.5	1315	607.31	-2060	49.786	2421.3	61359.71	35969.84	159743	208912	-1E+05	42.728
774	482	-1246	-594	1807.7	916.85	-2757	50.113	3312	8030.97	-1863.39	139216	142388	-1E+05	43.982
774	400	-1260	-640.3	1160.9	251.39	-2152	52.472	2287.8	-110932	-5217.92	180034	129558	-2E+05	53.181
774	398	-961.9	-550.9	668.2	-57.29	-1455	53.548	1427.7	-59384.8	37741.18	200562	195536	-2E+05	51.806
774	468	-1070	-546.3	1510.1	724.6	-2341	49.917	2774.9	79386.39	46732.67	208351	272049	-1E+05	42.76
774	482	-1330	-624.4	2064.1	1116.7	-3071	49.851	3756.3	9903.6	-2618.36	181509	185260	-2E+05	44.012
774	400	-1352	-698.3	1371.2	384.29	-2435	51.707	2648.1	-145176	-6848.62	234675	168643	-3E+05	53.211
774	398	-1092	-620.2	817.22	-5.49	-1707	53.05	1703.9	-78014.2	49179.65	261517	254721	-3E+05	51.834
774	482	-883.3	-185	1336.2	846.91	-1915	52.321	2451	9113.3	-2728.83	181887	185176	-2E+05	44.068
774	400	-927.2	-331.4	1087.9	498.68	-1757	52.657	2052.5	-145812	-6967.75	235044	168692	-3E+05	53.227
774	398	-1207	-415.3	770.48	55.12	-1677	58.594	1705.5	-78665.4	49054.1	261858	254727	-3E+05	51.853
774	468	-1041	-227.2	823.65	284.56	-1553	58.148	1713	60558.95	35838.26	160094	208769	-1E+05	42.793
5100	8342	-302.2	-987.9	-515.5	-25.94	-1264	-28.19	1251.4	-272956	-620879	-2E+05	-2E+05	-7E+05	-21.3
5100	1674	-252.7	-973.1	-824.9	287.28	-1513	-33.21	1675.3	-215149	-705243	-1E+05	-2E+05	-7E+05	-11.69
5100	987	-320	-1198	-834.9	184.34	-1702	-31.14	1801.2	-272609	-777474	-2E+05	-2E+05	-8E+05	-15.85
774	482	-799.3	-154.6	1079.9	650.03	-1604	53.31	2009.4	7240.68	-1973.85	139594	142303	-1E+05	44.055
774	400	-834.9	-273.4	877.68	367.35	-1476	53.869	1689.5	-111568	-5337.06	180403	129608	-2E+05	53.203
774	398	-1077	-346	621.46	9.55	-1432	60.228	1437.1	-60036	37615.63	200903	195541	-2E+05	51.83
774	468	-1163	-268.9	1018.8	396.59	-1828	56.845	2055.7	78585.62	46601.09	208701	271906	-1E+05	42.809
774	482	-883.3	-185	1336.2	846.91	-1915	52.321	2451	9113.3	-2728.83	181887	185176	-2E+05	44.068
774	400	-927.2	-331.4	1087.9	498.68	-1757	52.657	2052.5	-145812	-6967.75	235044	168692	-3E+05	53.227
774	398	-1207	-415.3	770.48	55.12	-1677	58.594	1705.5	-78665.4	49054.1	261858	254727	-3E+05	51.853
774	468	-932.8	-504.1	1313.4	612.35	-2049	49.635	2414.4	61362.28	35969.5	159737	208906	-1E+05	42.728
774	482	-1233	-594.2	1805.5	919.92	-2747	50.017	3304.7	8034.35	-1864.12	139208	142381	-1E+05	43.982
774	400	-1247	-640.3	1159.2	254.58	-2142	52.333	2279.8	-110930	-5217.22	180026	129552	-2E+05	53.181
774	398	-946.6	-550.2	667.04	-52.52	-1444	53.276	1418.7	-59383.3	37741.92	200554	195530	-2E+05	51.806
774	468	-1055	-545.9	1508.5	729.61	-2330	49.786	2768	79388.95	46732.33	208344	272044	-1E+05	42.759
774	482	-1317	-624.6	2061.9	1119.9	-3062	49.767	3749.2	9906.98	-2619.09	181502	185254	-2E+05	44.012
774	400	-1339	-698.3	1369.4	387.65	-2425	51.586	2640.4	-145174	-6847.91	234667	168636	-3E+05	53.211
774	398	-1077	-619.5	816.07	-0.61	-1696	52.825	1695.3	-78012.7	49180.39	261509	254715	-3E+05	51.834
							Max		951007	313942				
							Min		-2534062	-2094166				

(Out Put Momen Plat Penghubung Pilar Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	Angle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	egree	N/mm	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	Degrees
6874	11056	-49.1	-30.89	56.99	17.7	-97.73	49.5	107.7	-5639	2999.8	-1278	3185	-5824	-81.8
6874	11056	-49.1	-30.89	56.99	17.7	-97.73	49.5	107.7	-5639	2999.8	-1278	3185	-5824	-81.8
6874	11056	-49.2	-30.89	56.97	17.67	-97.73	49.6	107.7	-5644	3000.6	-1280	3186	-5830	-81.8
6874	11056	-49.2	-30.89	56.97	17.67	-97.73	49.6	107.7	-5644	3000.6	-1280	3186	-5830	-81.8
6843	11026	-23.7	-21.97	-21.4	-1.39	-44.29	-46	43.62	518.7	3408.7	2364	4734	-807	60.72
6843	11026	-22.7	-21.85	-21.9	-0.4	-44.13	-46	43.93	616.5	3473.1	2391	4830	-740.1	60.43
6843	11026	-22.7	-21.85	-21.9	-0.4	-44.13	-46	43.93	616.5	3473.1	2391	4830	-740.1	60.43
6874	11055	-22.8	-21.85	21.92	-0.4	-44.24	45.6	44.04	622.3	3482.4	-2394	4841	-736.2	-60.4
6842	11026	2.01	-14.25	-344	338.2	-350.46	-44	596.5	1455	3689.5	1177	4195	949.1	66.76
6842	11026	2.01	-14.25	-344	338.2	-350.46	-44	596.5	1455	3689.5	1177	4195	949.1	66.76
6842	11026	1.92	-14.47	-345	338.5	-351.02	-44	597.2	1524	3745.5	1188	4261	1008	66.53
6842	11026	1.92	-14.47	-345	338.5	-351.02	-44	597.2	1524	3745.5	1188	4261	1008	66.53
6875	11055	1.76	-14.5	345	338.7	-351.47	44.3	597.8	1526	3750	-1187	4265	1011	-66.6
6875	11055	1.76	-14.5	345	338.7	-351.47	44.3	597.8	1526	3750	-1187	4265	1011	-66.6
6875	11055	1.77	-14.49	345	338.7	-351.45	44.3	597.8	1526	3753.4	-1189	4269	1010	-66.6
6875	11055	1.77	-14.49	345	338.7	-351.45	44.3	597.8	1526	3753.4	-1189	4269	1010	-66.6
6842	11027	-135	-55.3	-179	88.3	-278.41	-51	331.5	-1587	3945.1	2516	4918	-2560	68.85
6842	11027	-135	-55.3	-179	88.3	-278.41	-51	331.5	-1587	3945.1	2516	4918	-2560	68.85
6842	11027	-134	-55.24	-179	89.11	-278.31	-51	332	-1456	4004.9	2537	5002	-2453	68.55
6842	11027	-134	-55.24	-179	89.11	-278.31	-51	332	-1456	4004.9	2537	5002	-2453	68.55
6875	11056	-134	-55.29	179.7	89.24	-278.75	51.2	332.5	-1461	4007.8	-2538	5004	-2457	-68.6
6875	11056	-134	-55.29	179.7	89.24	-278.75	51.2	332.5	-1461	4007.8	-2538	5004	-2457	-68.6
6875	11056	-134	-55.29	179.7	89.22	-278.74	51.2	332.5	-1449	4013.8	-2540	5012	-2448	-68.5
6875	11056	-134	-55.29	179.7	89.22	-278.74	51.2	332.5	-1449	4013.8	-2540	5012	-2448	-68.5
6842	11026	1.68	-15.48	-346	339.1	-352.91	-44	599.3	1509	4068.1	1241	4571	1007	67.94
6842	11026	1.68	-15.48	-346	339.1	-352.91	-44	599.3	1509	4068.1	1241	4571	1007	67.94
6843	11026	-16.9	-21.05	-22.9	3.99	-41.94	-42	44.07	1547	4079.4	2531	5643	-16.48	58.29
6843	11026	-16.9	-21.05	-22.9	3.99	-41.94	-42	44.07	1547	4079.4	2531	5643	-16.48	58.29
6842	11026	1.59	-15.7	-346	339.4	-353.47	-44	600.1	1579	4124.1	1252	4637	1067	67.73
6842	11026	1.59	-15.7	-346	339.4	-353.47	-44	600.1	1579	4124.1	1252	4637	1067	67.73
6875	11055	1.43	-15.72	346.7	339.6	-353.9	44.3	600.6	1581	4125.1	-1250	4637	1069	-67.7
6875	11055	1.43	-15.72	346.7	339.6	-353.9	44.3	600.6	1581	4125.1	-1250	4637	1069	-67.7
6875	11055	1.44	-15.71	346.6	339.6	-353.89	44.3	600.6	1580	4128.4	-1252	4640	1068	-67.8
6875	11055	1.44	-15.71	346.6	339.6	-353.89	44.3	600.6	1580	4128.4	-1252	4640	1068	-67.8
6874	11055	-16	-20.95	23.35	5.01	-41.95	42	44.66	1635	4141.2	-2556	5735	41.2	-58.1
6874	11055	-16	-20.95	23.35	5.01	-41.95	42	44.66	1635	4141.2	-2556	5735	41.2	-58.1
6843	11026	-15.9	-20.94	-23.3	5.04	-41.83	-42	44.57	1645	4143.8	2557	5741	48.02	58.02
6843	11026	-15.9	-20.94	-23.3	5.04	-41.83	-42	44.57	1645	4143.8	2557	5741	48.02	58.02
6874	11055	-16	-20.95	23.34	4.99	-41.95	42	44.66	1642	4146.8	-2559	5743	45.37	-58
6874	11055	-16	-20.95	23.34	4.99	-41.95	42	44.66	1642	4146.8	-2559	5743	45.37	-58
6842	11027	-131	-55.21	-181	92.24	-278.21	-51	334	-64.22	4649.6	2682	5863	-1277	65.66
6842	11027	-131	-55.21	-181	92.24	-278.21	-51	334	-64.22	4649.6	2682	5863	-1277	65.66
6875	11056	-130	-55.2	182	93.17	-278.55	50.8	335	47.65	4705.8	-2701	5943	-1190	-65.4
6875	11056	-130	-55.2	182	93.17	-278.55	50.8	335	47.65	4705.8	-2701	5943	-1190	-65.4
	Max								31953	44345				
	Min								-76519	-57121				

(Out Put Momen L Stoper 1 Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	Angl	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	Angl
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	deg	N/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N/mm	N/mm	deg
5727	8873	214.12	682.01	443.7	0	0	0	0	320423	1355247	11420	0	0	0
5692	8825	-98.33	163.99	1323	0	0	0	0	1294382	1357113	163853	0	0	0
5722	8849	-98.27	163.99	1740	0	0	0	0	1294413	1357120	-11564	0	0	0
5740	8886	51.56	223.66	174.41	0	0	0	0	174436.8	1361482	85126	0	0	0
5832	8958	51.31	223.96	375.64	0	0	0	0	174410.2	1361574	7225	0	0	0
5674	117	76.83	-70.41	198.32	0	0	0	0	1016331	1374922	173636	0	0	0
5725	2856	76.99	-70.42	717.79	0	0	0	0	1016319	1374929	-31820	0	0	0
5704	8850	130.9	403.89	484.17	0	0	0	0	477149.3	1376885	12468	0	0	0
5668	8815	130.91	403.91	328.04	0	0	0	0	477112.6	1376899	98901	0	0	0
5956	10286	492.22	432.54	533.96	0	0	0	0	879860.3	1386681	564194	0	0	0
5933	10280	492.32	432.58	489.91	0	0	0	0	879920.1	1386681	528926	0	0	0
5689	8820	492.73	1000.8	1787.3	0	0	0	0	609131.6	1387360	188938	0	0	0
5723	8872	492.76	1000.8	2257.8	0	0	0	0	609137.7	1387376	145027	0	0	0
5692	8820	78.21	775.22	1213.9	0	0	0	0	515238.6	1394797	114474	0	0	0
5722	8872	78.37	775.19	1820.9	0	0	0	0	515216.2	1394819	33473	0	0	0
5798	8135	357.78	1724.5	333.75	0	0	0	0	-64809.9	1443013	455495	0	0	0
5778	8132	357.77	1724.4	196.35	0	0	0	0	-64826.2	1443023	266264	0	0	0
5693	8825	122.46	738.24	1394.8	0	0	0	0	1233539	1443128	120928	0	0	0
5719	8849	122.52	738.18	1926.2	0	0	0	0	1233567	1443133	21195	0	0	0
5824	8952	207.95	672.14	172.05	0	0	0	0	453335.1	1445775	504660	0	0	0
5752	8896	207.9	672.02	132.51	0	0	0	0	453336	1445796	513946	0	0	0
5692	117	390.47	339.69	1844.5	0	0	0	0	1096762	1448791	221363	0	0	0
5722	2856	390.65	339.69	2313	0	0	0	0	1096785	1448804	16151	0	0	0
5905	8047	1163.5	2228.3	436.77	0	0	0	0	198232.8	1454208	360985	0	0	0
5857	8040	1163.5	2228.3	31.58	0	0	0	0	198201.4	1454227	314087	0	0	0
5635	8047	12.07	1672.6	466.62	0	0	0	0	91704.26	1462155	418185	0	0	0
5590	8040	12.03	1672.6	42.33	0	0	0	0	91661.31	1462160	285628	0	0	0
5623	8772	1090	2329.6	4860.6	0	0	0	0	287542.1	1463916	392616	0	0	0
5602	8759	1090	2329.6	4270.3	0	0	0	0	287539.5	1463921	332589	0	0	0
5871	8759	761.67	1701.5	3104.2	0	0	0	0	329950.2	1471665	333005	0	0	0
5891	8772	761.68	1701.4	3674.1	0	0	0	0	329939.2	1471696	475488	0	0	0
5635	8780	1181.1	2226.4	4858	0	0	0	0	295131	1489370	400347	0	0	0
5590	8751	1181.1	2226.4	4211.7	0	0	0	0	295113.8	1489377	304749	0	0	0
5778	8704	238.93	1652.9	44.15	0	0	0	0	312887.3	1490327	295367	0	0	0
5798	8720	238.93	1652.9	240.37	0	0	0	0	312878.7	1490363	503274	0	0	0
5812	8730	223.49	1644.4	218.34	0	0	0	0	354414.5	1504316	503407	0	0	0
5764	8694	223.49	1644.3	65.4	0	0	0	0	354427.3	1504343	334462	0	0	0
5857	8751	916.28	1528.3	3306.4	0	0	0	0	362026.4	1515136	313382	0	0	0
5905	8780	916.29	1528.3	3922.9	0	0	0	0	362013.1	1515169	493602	0	0	0
5812	8137	361.25	1720.5	333.41	0	0	0	0	-27866.3	1585916	422382	0	0	0
5764	8130	361.22	1720.4	237.07	0	0	0	0	-27895.6	1585939	263974	0	0	0
5927	2852	1092.6	1732.3	1302.2	0	0	0	0	265963.4	1619906	353031	0	0	0
5741	2883	1092.5	1732.3	791.13	0	0	0	0	265899	1619940	294598	0	0	0
5730	2852	52.5	1343.6	468.85	0	0	0	0	207000.2	1620915	492733	0	0	0
5673	2883	52.45	1343.7	-32.45	0	0	0	0	206919.9	1620920	343616	0	0	0
Max									1704448	2093188				
Min									-2147311	-2467589				

(Out Put Momen Pile Cap Abutmet Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	Angle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	Angle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	degree	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	degree
7044	3565	244.58	-143.9	222.88	0	0	0	0	106097	454755	8673.7	0	0	0
6652	7944	237.58	-218.2	38.13	0	0	0	0	116353	457719.3	15105	0	0	0
6648	7947	237.58	-218.1	204.35	0	0	0	0	116352	457732.1	14495	0	0	0
7054	10895	208.84	-243.1	7.54	0	0	0	0	112277	457732.9	25192	0	0	0
6824	7949	193.78	-303	227.6	0	0	0	0	117370	458095.6	12064	0	0	0
6652	10894	231.26	-239.2	38.29	0	0	0	0	119790	458625.8	11199	0	0	0
6648	10891	231.26	-239.2	192.74	0	0	0	0	119791	458640.2	8695.8	0	0	0
7055	10895	213.04	-243.1	-6.19	0	0	0	0	114844	459863.8	31855	0	0	0
7039	10890	213.04	-243.1	207.56	0	0	0	0	114842	459877.2	37321	0	0	0
6839	11024	199.03	-285.5	-37.69	0	0	0	0	118849	460588	15367	0	0	0
6824	11017	199.03	-285.5	222.35	0	0	0	0	118849	460611.5	15028	0	0	0
6645	7949	206.58	-299.2	234.33	0	0	0	0	121289	462024.2	9936.7	0	0	0
6838	11024	196.31	-286.3	-23.53	0	0	0	0	114988	462078.1	19510	0	0	0
6825	11017	196.31	-286.3	233.68	0	0	0	0	114992	462101.3	21795	0	0	0
7050	109	264.49	-141.3	45.04	0	0	0	0	104204	468272.8	18638	0	0	0
7044	108	264.5	-141.3	191.67	0	0	0	0	104205	468284.4	15875	0	0	0
7054	8593	191.87	-250.4	94.66	0	0	0	0	127828	468559.2	30933	0	0	0
7040	8621	191.88	-250.4	141.11	0	0	0	0	127831	468563.6	36458	0	0	0
7055	8593	262.97	-230.5	97.78	0	0	0	0	113766	469440.6	23977	0	0	0
7039	8621	262.97	-230.5	146.07	0	0	0	0	113764	469459.3	26713	0	0	0
7057	3567	193.02	-271.4	-62.34	0	0	0	0	113453	473920.5	19292	0	0	0
7037	3564	193.02	-271.4	234.7	0	0	0	0	113454	473945.9	9013.4	0	0	0
7051	109	296.34	-130	55.78	0	0	0	0	118661	474598.8	15189	0	0	0
7043	108	296.34	-130	190.77	0	0	0	0	118659	474611.2	7510.8	0	0	0
7058	3567	201.57	-268.8	-64.66	0	0	0	0	112856	478438.2	7668.4	0	0	0
7036	3564	201.57	-268.8	245.89	0	0	0	0	112855	478460.1	2232.9	0	0	0
7057	110	211.07	-266.6	65.53	0	0	0	0	101748	486766	8006.6	0	0	0
7037	107	211.07	-266.6	185.1	0	0	0	0	101749	486792.9	2652.9	0	0	0
7052	7944	213.76	-256.3	-9.09	0	0	0	0	119278	492052.6	17711	0	0	0
7042	7947	213.76	-256.3	198.54	0	0	0	0	119280	492067.3	13228	0	0	0
7058	110	238.06	-257.9	73.61	0	0	0	0	127442	492100.5	19617	0	0	0
7036	107	238.06	-257.9	189.14	0	0	0	0	127442	492128.2	9435.4	0	0	0
7059	7942	185.34	-331.2	-118.5	0	0	0	0	121467	493861.7	9813.4	0	0	0
7035	7949	185.34	-331.2	229.68	0	0	0	0	121471	493893.4	3451.6	0	0	0
7053	7944	227.37	-252.2	-1.1	0	0	0	0	121265	503001.6	30120	0	0	0
7041	7947	227.37	-252.2	194.85	0	0	0	0	121263	503014	32669	0	0	0
7060	7942	198.14	-327.3	-123.1	0	0	0	0	126769	504313	16167	0	0	0
7034	7949	198.14	-327.3	236.41	0	0	0	0	126768	504340.6	17321	0	0	0
7052	103	185.7	-265.7	55.19	0	0	0	0	126497	507668.6	32203	0	0	0
7035	96	166.18	-336.9	177.42	0	0	0	0	121128	508862.7	20172	0	0	0
7053	103	277.66	-238.2	77.17	0	0	0	0	125134	517027.3	19373	0	0	0
7041	98	277.65	-238.2	145.82	0	0	0	0	125131	517044.7	16285	0	0	0
7060	105	250.66	-311.6	80.94	0	0	0	0	128594	518383.2	6461.6	0	0	0
7034	96	250.66	-311.6	167.5	0	0	0	0	128593	518417.9	2067.7	0	0	0
Max									289597	518417.9				
Min									-451738	-1345796				

(Out Put Momen Kolom Abutment Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	Degrees	N/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	N-mm/mm	Degrees
7144	11136	240.67	606.1	301.51	0	0	0	0	-908148	-315989	-68551	0	0	0
7114	11166	240.66	606.03	-413.2	0	0	0	0	-908348	-316004	-3E+05	0	0	0
6989	7820	-505.4	-2053	-669	0	0	0	0	-939552	-241190	-2E+05	0	0	0
7023	7821	-505.5	-2053	572.46	0	0	0	0	-939785	-241095	-3E+05	0	0	0
6989	11132	-116.5	-783.1	-1077	0	0	0	0	-957202	-738971	-66169	0	0	0
7023	11170	-116.6	-783	972.88	0	0	0	0	-957398	-738870	-4E+05	0	0	0
7144	7820	-1112	-3872	103.15	0	0	0	0	-1024832	-1524041	-5E+05	0	0	0
7114	7821	-1112	-3872	-256.6	0	0	0	0	-1025183	-1524014	32896	0	0	0
7145	7820	-1216	-6154	-911.3	-1054	-6317	-10.13	5861.7	-1034082	-2408389	634833	-8E+05	-2656752	21.367
7145	7820	-1216	-6154	-911.3	-1054	-6317	-10.13	5861.7	-1034082	-2408389	634833	-8E+05	-2656752	21.367
7145	7820	-1216	-6154	-910.9	-1053	-6317	-10.13	5861.5	-1034348	-2408512	634479	-8E+05	-2656655	21.36
7145	7820	-1216	-6154	-910.9	-1053	-6317	-10.13	5861.5	-1034348	-2408512	634479	-8E+05	-2656655	21.36
7113	7821	-1218	-6168	912.66	-1056	-6331	10.122	5874.7	-1036582	-2414125	-6E+05	-8E+05	-2662832	-21.36
7113	7821	-1218	-6168	912.66	-1056	-6331	10.122	5874.7	-1036582	-2414125	-6E+05	-8E+05	-2662832	-21.36
7145	11132	880.74	836.54	-1415	2274.3	-557	-44.55	2597.9	-1039216	-668708	-2E+05	-6E+05	-1111398	-68.01
7145	11132	880.74	836.54	-1415	2274.3	-557	-44.55	2597.9	-1039216	-668708	-2E+05	-6E+05	-1111398	-68.01
7145	11132	881.44	836.81	-1415	2274.4	-556.1	-44.55	2597.5	-1039428	-668813	-2E+05	-6E+05	-1111833	-67.99
7145	11132	881.44	836.81	-1415	2274.4	-556.1	-44.55	2597.5	-1039428	-668813	-2E+05	-6E+05	-1111833	-67.99
7145	7820	-1197	-6155	-898.5	-1039	-6312	-9.962	5862.4	-1040882	-2410341	646837	-8E+05	-2667552	21.685
7145	7820	-1197	-6155	-898.5	-1039	-6312	-9.962	5862.4	-1040882	-2410341	646837	-8E+05	-2667552	21.685
7145	7820	-1196	-6154	-898.1	-1039	-6312	-9.957	5862.2	-1041148	-2410464	646484	-8E+05	-2667452	21.679
7145	7820	-1196	-6154	-898.1	-1039	-6312	-9.957	5862.2	-1041148	-2410464	646484	-8E+05	-2667452	21.679
7113	11170	883.62	839.05	1418	2279.5	-556.9	44.55	2603	-1041603	-670401	179499	-6E+05	-1114202	67.979
7113	11170	883.62	839.05	1418	2279.5	-556.9	44.55	2603	-1041603	-670401	179499	-6E+05	-1114202	67.979
7113	7821	-1232	-6167	912.37	-1069	-6331	10.145	5869.7	-1042228	-2414475	-6E+05	-8E+05	-2664375	-21.43
7113	7821	-1232	-6167	912.37	-1069	-6331	10.145	5869.7	-1042228	-2414475	-6E+05	-8E+05	-2664375	-21.43
7113	7821	-1199	-6168	899.84	-1041	-6326	9.954	5875.4	-1043381	-2416079	-6E+05	-8E+05	-2673638	-21.68
7113	7821	-1199	-6168	899.84	-1041	-6326	9.954	5875.4	-1043381	-2416079	-6E+05	-8E+05	-2673638	-21.68
7145	11132	901.33	839.39	-1403	2274.2	-533.5	-44.37	2582.6	-1045504	-669561	-2E+05	-6E+05	-1107846	-69.34
7145	11132	901.33	839.39	-1403	2274.2	-533.5	-44.37	2582.6	-1045504	-669561	-2E+05	-6E+05	-1107846	-69.34
7145	11132	902.03	839.66	-1403	2274.3	-532.6	-44.36	2582.1	-1045716	-669666	-2E+05	-6E+05	-1108271	-69.31
7145	11132	902.03	839.66	-1403	2274.3	-532.6	-44.36	2582.1	-1045716	-669666	-2E+05	-6E+05	-1108271	-69.31
7113	11170	870.14	840.15	1417.8	2273	-562.7	44.697	2600.4	-1047724	-670683	178648	-6E+05	-1118924	68.27
7113	11170	870.14	840.15	1417.8	2273	-562.7	44.697	2600.4	-1047724	-670683	178648	-6E+05	-1118924	68.27
7113	11170	904.21	841.9	1406.1	2279.5	-533.3	44.365	2587.7	-1047890	-671256	166027	-6E+05	-1110627	69.3
7113	11170	904.21	841.9	1406.1	2279.5	-533.3	44.365	2587.7	-1047890	-671256	166027	-6E+05	-1110627	69.3
7113	7821	-1213	-6168	899.56	-1054	-6326	9.977	5870.4	-1049027	-2416429	-6E+05	-8E+05	-2675207	-21.75
7113	7821	-1213	-6168	899.56	-1054	-6326	9.977	5870.4	-1049027	-2416429	-6E+05	-8E+05	-2675207	-21.75
7113	11170	890.73	843	1405.8	2272.9	-539.1	44.514	2585	-1054011	-671538	165175	-6E+05	-1115469	69.591
7113	11170	890.73	843	1405.8	2272.9	-539.1	44.514	2585	-1054011	-671538	165175	-6E+05	-1115469	69.591
7145	11132	251.97	411.35	-980.1	0	0	0	0	-1058127	-459910	-4E+05	0	0	0
7113	11170	251.88	411.28	887.57	0	0	0	0	-1058243	-459894	-1E+05	0	0	0
7145	7820	-1024	-3827	-698	0	0	0	0	-1099376	-1507420	144514	0	0	0
7113	7821	-1024	-3827	554.62	0	0	0	0	-1099641	-1507406	-6E+05	0	0	0
Max									437370.2	148810				
Min									-1099641	-2426555				

(Out Put Momen Korbel Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Area Shells														
Area	Joint	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	N/mm	Degrees	N/mm	-mm/mr	-mm/mr	-mm/m	-mm/m	-mm/m	Degrees
7108	11083	131.54	-168.7	-28.34	134.19	-171.3	-5.346	265.24	-27122	-15749	3216.9	-14903	-27969	75.251
7108	24	158.05	-80.31	-73.7	179	-101.3	-15.87	245.8	-34644	-32874	17362	-16375	-51143	46.459
7108	254	173.12	-75.79	-78.9	196.02	-98.69	-16.19	259.83	-31657	-44398	13057	-23499	-52556	31.996
7108	11199	146.61	-164.2	-33.54	150.19	-167.7	-6.091	275.47	-23499	-23906	-1087	-22596	-24809	-39.71
7108	11083	130.72	-150.3	-10.66	131.13	-150.7	-2.169	244.25	-25709	-14008	4219.7	-12645	-27072	72.099
7108	24	153.07	-75.78	-62.9	169.22	-91.94	-14.4	229.45	-34534	-33115	17570	-16240	-51409	46.156
7108	254	168.97	-71.01	-78.16	192.18	-94.22	-16.54	252.82	-31602	-43636	12859	-23421	-51816	32.462
7108	11199	146.62	-145.5	-25.91	148.9	-147.8	-5.03	256.95	-22156	-21239	-491.2	-21025	-22370	-66.52
7108	11083	131.54	-168.7	-28.34	134.19	-171.3	-5.346	265.24	-27122	-15749	3216.9	-14903	-27969	75.251
7108	24	158.05	-80.31	-73.7	179	-101.3	-15.87	245.8	-34644	-32874	17362	-16375	-51143	46.459
7108	254	173.12	-75.79	-78.9	196.02	-98.69	-16.19	259.83	-31657	-44398	13057	-23499	-52556	31.996
7108	11199	146.61	-164.2	-33.54	150.19	-167.7	-6.091	275.47	-23499	-23906	-1087	-22596	-24809	-39.71
7108	11083	130.72	-150.3	-10.66	131.13	-150.7	-2.169	244.25	-25709	-14008	4219.7	-12645	-27072	72.099
7108	24	153.07	-75.78	-62.9	169.22	-91.94	-14.4	229.45	-34534	-33115	17570	-16240	-51409	46.156
7108	254	168.97	-71.01	-78.16	192.18	-94.22	-16.54	252.82	-31602	-43636	12859	-23421	-51816	32.462
7108	11199	146.62	-145.5	-25.91	148.9	-147.8	-5.03	256.95	-22156	-21239	-491.2	-21025	-22370	-66.52
7108	11083	139.68	-191.8	-19.18	140.79	-192.9	-3.3	290.17	-32769	-8122.5	2048	-7953	-32938	85.282
7108	24	147.57	-165.5	-60.56	158.87	-176.8	-10.57	290.87	-26819	-20564	15865	-7522	-39862	50.576
7108	254	165.1	-160.3	-65.29	177.71	-172.9	-10.93	303.63	-22403	-26671	11845	-12501	-36572	39.894
7108	11199	157.22	-186.6	-23.91	158.87	-188.2	-3.959	300.93	-27901	-11799	-1972	-11561	-28139	-83.12
7108	11083	138.86	-173.4	-1.5	138.87	-173.4	-0.275	271.01	-31356	-6381.2	3050.8	-6014	-31723	83.136
7108	24	142.59	-161	-49.76	150.54	-169	-9.076	276.84	-26710	-20805	16073	-7415	-40099	50.204
7108	254	160.96	-155.5	-64.54	173.61	-168.2	-11.1	295.99	-22348	-25908	11647	-12346	-35910	40.655
7108	11199	157.23	-167.9	-16.28	158.04	-168.7	-2.859	283.04	-26558	-9132.5	-1375	-9025	-26666	-85.51
7108	11083	139.68	-191.8	-19.18	140.79	-192.9	-3.3	290.17	-32769	-8122.5	2048	-7953	-32938	85.282
7108	24	147.57	-165.5	-60.56	158.87	-176.8	-10.57	290.87	-26819	-20564	15865	-7522	-39862	50.576
7108	254	165.1	-160.3	-65.29	177.71	-172.9	-10.93	303.63	-22403	-26671	11845	-12501	-36572	39.894
7108	11199	157.22	-186.6	-23.91	158.87	-188.2	-3.959	300.93	-27901	-11799	-1972	-11561	-28139	-83.12
7108	11083	138.86	-173.4	-1.5	138.87	-173.4	-0.275	271.01	-31356	-6381.2	3050.8	-6014	-31723	83.136
7108	24	142.59	-161	-49.76	150.54	-169	-9.076	276.84	-26710	-20805	16073	-7415	-40099	50.204
7108	254	160.96	-155.5	-64.54	173.61	-168.2	-11.1	295.99	-22348	-25908	11647	-12346	-35910	40.655
7108	11199	157.23	-167.9	-16.28	158.04	-168.7	-2.859	283.04	-26558	-9132.5	-1375	-9025	-26666	-85.51
7108	11083	131.58	-168.7	-28.44	134.25	-171.4	-5.362	265.36	-27123	-15742	3191.5	-14908	-27956	75.357
7108	24	158.01	-80.63	-73.68	178.93	-101.5	-15.85	245.96	-34647	-32851	17343	-16383	-51115	46.482
7108	254	173.1	-76.1	-78.79	195.92	-98.92	-16.15	259.91	-31651	-44354	13043	-23495	-52510	32.018
7108	11199	146.67	-164.2	-33.55	150.25	-167.8	-6.089	275.57	-23492	-23880	-1108	-22561	-24811	-40.03
7108	11083	130.76	-150.4	-10.76	131.17	-150.8	-2.188	244.35	-25709	-14000	4194.3	-12653	-27057	72.191
7108	24	153.03	-76.1	-62.89	169.16	-92.23	-14.38	229.61	-34537	-33092	17551	-16249	-51381	46.179
7108	254	168.95	-71.33	-78.05	192.08	-94.45	-16.51	252.9	-31596	-43591	12845	-23417	-51770	32.485
7108	11199	146.68	-145.6	-25.92	148.96	-147.9	-5.029	257.05	-22149	-21214	-511.9	-20988	-22374	-66.2
7108	11083	131.58	-168.7	-28.44	134.25	-171.4	-5.362	265.36	-27123	-15742	3191.5	-14908	-27956	75.357
7108	24	158.01	-80.63	-73.68	178.93	-101.5	-15.85	245.96	-34647	-32851	17343	-16383	-51115	46.482
7108	254	173.1	-76.1	-78.79	195.92	-98.92	-16.15	259.91	-31651	-44354	13043	-23495	-52510	32.018
7108	11199	146.67	-164.2	-33.55	150.25	-167.8	-6.089	275.57	-23492	-23880	-1108	-22561	-24811	-40.03
7108	11083	130.76	-150.4	-10.76	131.17	-150.8	-2.188	244.35	-25709	-14000	4194.3	-12653	-27057	72.191
7108	24	153.03	-76.1	-62.89	169.16	-92.23	-14.38	229.61	-34537	-33092	17551	-16249	-51381	46.179
7108	254	168.95	-71.33	-78.05	192.08	-94.45	-16.51	252.9	-31596	-43591	12845	-23417	-51770	32.485
7108	11199	146.68	-145.6	-25.92	148.96	-147.9	-5.029	257.05	-22149	-21214	-511.9	-20988	-22374	-66.2
		Max							138674	340518				
		Min							-221582	-127439				

(Out Put Momen L Stoper 2 Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	atic	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
8883	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-219	19.57	0.814	-1E-14	-2.41	15.632
8883	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-219	19.57	0.814	-1E-14	-2.41	15.632
6413	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-219.2	19.57	-0.85	2.3E-14	2.498	15.633
6413	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-219.2	19.57	-0.85	2.3E-14	2.498	15.633
7869	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-164.8	19.58	-0.14	1.34E-15	0.401	-7.514
7869	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-164.8	19.58	-0.14	1.34E-15	0.401	-7.514
8022	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-229.4	19.59	-0.72	-2.6E-15	1.549	-25.31
8022	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-229.4	19.59	-0.72	-2.6E-15	1.549	-25.31
7634	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-229.4	19.59	0.838	1.43E-16	-1.69	-25.32
7634	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-229.4	19.59	0.838	1.43E-16	-1.69	-25.32
5317	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1TEMP	-158.1	19.59	-0.9	2.24E-15	2.95	17.246
5317	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEMP	-158.1	19.59	-0.9	2.24E-15	2.95	17.246
6468	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-251.2	19.59	1.257	-5E-15	-0.37	28.053
6468	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-251.2	19.59	1.257	-5E-15	-0.37	28.053
5364	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-156.9	19.6	0.572	-8.9E-15	-1.54	-7.814
5364	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-156.9	19.6	0.572	-8.9E-15	-1.54	-7.814
8227	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-197.1	19.61	-0.23	3.17E-15	0.908	-34.9
6768	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1TEMP	-262.8	19.62	-0.39	7.42E-15	0.674	8.3383
6768	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEMP	-262.8	19.62	-0.39	7.42E-15	0.674	8.3383
6955	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1TEMP	-123.8	19.62	-0.29	-3.1E-15	1.141	16.506
6955	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEMP	-123.8	19.62	-0.29	-3.1E-15	1.141	16.506
7299	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM	-64.82	19.62	-0.43	6.18E-16	1.421	52.749
7299	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM	-64.82	19.62	-0.43	6.18E-16	1.421	52.749
8891	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1T	-258.7	19.62	-6.74	7.72E-15	14.08	-103
8891	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W+1T	-258.7	19.62	-6.74	7.72E-15	14.08	-103
8787	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-157.2	19.63	-0.54	1.21E-14	1.228	0.1224
8787	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-157.2	19.63	-0.54	1.21E-14	1.228	0.1224
8632	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-260.8	19.63	-1.07	-8.5E-15	0.986	20.236
8632	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-260.8	19.63	-1.07	-8.3E-15	0.986	20.236
8938	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-251.4	19.64	-1.2	-4.5E-16	0.478	28.144
8938	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-251.4	19.64	-1.2	-4.5E-16	0.478	28.144
6774	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-260.4	19.65	1.135	-2.1E-16	-1.48	12.205
6774	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-260.4	19.65	1.135	-2.1E-16	-1.48	12.205
7633	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1TEMP	-271.8	19.65	0.723	-5.1E-15	-0.19	13.44
7633	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEMP	-271.8	19.65	0.723	-5.1E-15	-0.19	13.44
6724	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1TEMP	-261.7	19.65	2.241	-4.1E-14	0.082	13.244
6724	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEMP	-261.7	19.65	2.241	-4.1E-14	0.082	13.244
6867	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-76.74	19.66	-0.84	8.93E-16	-0.16	-12.67
6867	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-76.74	19.66	-0.84	8.93E-16	-0.16	-12.67
6867	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-76.47	19.66	-0.84	8.93E-16	0.262	-9.798
6867	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-76.47	19.66	-0.84	8.93E-16	0.262	-9.798
8021	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1TEMP	-271.8	19.66	-0.59	2.6E-15	0.275	13.45
8021	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEMP	-271.8	19.66	-0.59	2.6E-15	0.275	13.45
6867	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-76.21	19.67	-0.84	8.93E-16	0.681	-6.928
6867	1.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-76.21	19.67	-0.84	8.93E-16	0.681	-6.928
8328	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1TEMP	-226.6	19.68	-1.49	3.91E-15	1.474	-5.978
8328	0.0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TEMP	-226.6	19.68	-1.49	3.91E-15	1.474	-5.978
		Max	-55.16	19.68				73.216
		Min	-303.3	-20.98				-136.2

(Out Put Gaya Dalam Pancang Pada Pilar 1 Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Frames

Frameatic	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
9002	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-82.22	12.913	-0.59	1.78E-15	2.638	-67.633
9002	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-82.22	12.916	-0.59	1.84E-15	2.638	-67.633
11270	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-82.32	13.092	0.742	7.38E-15	-2.978	-67.808
11270	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-82.32	13.095	0.742	-1.1E-15	-2.978	-67.808
9002	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-82.48	12.919	-0.59	1.78E-15	2.344	-49.686
9654	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+0.3QX+1QY	-159.2	21.095	-0	1.11E-16	9E-08	17.406
9872	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W+1TEMP	-285.5	21.095	-0	5.47E-15	7E-05	20.768
11461	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-308.4	21.095	0.021	-7.1E-14	-0.064	-0.5359
9654	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-159.2	21.092	-0	1.11E-16	1E-07	17.406
9872	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W+1TEMP	-285.5	21.092	-0	5.47E-15	7E-05	20.768
11461	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-308.4	21.092	0.021	-7.1E-14	-0.064	-0.5359
9654	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-159.2	21.089	-0	1.11E-16	1E-07	17.406
11540	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-284.4	21.089	4.932	-2.7E-13	-14.99	-162.97
10114	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W	-213	-20.94	4E-04	2.46E-16	-0.001	-0.3232
10419	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-224.4	-20.94	2E-06	-2.4E-16	2E-06	-1.0212
9591	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-287	-20.94	-0.53	3E-14	-2.021	35.981
10114	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W	-213	-20.94	4E-04	2.46E-16	-0.001	-0.3232
10419	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+0.3QX+1QY	-224.4	-20.94	2E-06	-2.4E-16	2E-06	-1.0212
9591	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-287	-20.94	-0.53	2.99E-14	-2.021	35.981
11332	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-192.6	-20.94	3E-06	-4.5E-15	-6E-06	6.1091
10419	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+0.3QX+1QY	-224.4	-20.94	2E-06	-2.4E-16	2E-06	-1.0212
11332	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-192.6	-20.93	3E-06	-4.5E-15	-6E-06	6.1091
11540	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-284.4	21.086	4.932	-2.7E-13	-14.99	-162.97
11540	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-284.4	21.089	4.932	-2.7E-13	-14.99	-162.97
9272	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-284	21.06	-4.9	2.11E-13	14.94	-162.69
9272	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-284	21.063	-4.9	2.11E-13	14.94	-162.69
11486	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-297.3	21.009	7.886	-3.3E-13	-21.75	-157.17
11486	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-297.3	21.012	7.886	-3.3E-13	-21.75	-157.17
10568	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-302.4	20.785	1.683	-5.8E-14	-5.257	-154.03
10568	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-302.4	20.788	1.683	-5.8E-14	-5.257	-154.03
10244	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-302.4	20.766	-1.65	5.66E-14	5.195	-153.97
10244	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-302.4	20.769	-1.65	5.66E-14	5.195	-153.97
9542	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-304.3	20.689	-6.06	2.35E-13	17.45	-153.92
9542	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-304.3	20.692	-6.06	2.35E-13	17.45	-153.92
10838	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-309.3	20.631	3.565	-1.1E-13	-9.881	-151.85
10838	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-309.3	20.634	3.565	-1.1E-13	-9.881	-151.85
9866	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-309.1	20.612	-3.5	1.11E-13	9.756	-151.72
9866	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-309.1	20.615	-3.5	1.11E-13	9.756	-151.72
10514	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-310.5	20.554	1.424	-3.7E-14	-3.802	-148.7
10514	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-310.5	20.558	1.424	-3.7E-14	-3.802	-148.7
10190	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1TEMP	-310.5	20.542	-1.36	3.7E-14	3.671	-148.64
10190	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W+1TEMP	-310.5	20.545	-1.36	3.7E-14	3.671	-148.64
10464	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-347	5.2745	2E-06	-1.1E-16	-3E-06	44.853
10139	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-346	-1.52	-0	2.77E-16	3E-06	44.845
10139	1 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-346	-1.52	-0	2.16E-16	3E-06	44.845
10140	0 1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-346.9	5.2521	-0	1.74E-16	3E-06	44.845
		Max	-82.17	21.095			44.853
		Min	-347	-20.94			-162.97

(Out Put Gaya Dalam Pancang Pada Pilar 2 Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame		OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
2646	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.76	0.278	-0.005	-1.8E-14	-0.01	3.54189
4177	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.75	0.2781	-0.005	-1.4E-15	-0.01	3.54332
2645	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.73	-3.336	-0.005	-1.7E-14	-0.01	3.77006
4176	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.72	-3.336	-0.005	-1.6E-14	-0.01	3.77159
2646	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.35	0.2264	-0.005	-1.8E-14	-0.01	3.66897
4177	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.34	0.2265	-0.005	-1.4E-15	-0.01	3.67045
2645	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.32	-3.388	-0.005	-1.7E-14	-0.01	3.64153
4176	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.31	-3.388	-0.005	-1.6E-14	-0.01	3.64301
2644	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.3	-6.65	-0.005	-4.8E-15	-0.02	3.48701
4175	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.28	-6.65	-0.005	-8.9E-15	-0.02	3.48844
2647	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.22	1.1429	-0.003	-6.1E-15	-0	2.44205
4178	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-449.2	1.1434	-0.004	-2.5E-15	-0	2.44303
166	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	79.612	9.056	23.011	2.27E-15	70.07	115.9963
208	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	79.5933	8.93	24.901	1.73E-15	80.05	115.9475
166	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	79.1991	9.098	23.011	2.27E-15	58.56	90.75428
208	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	79.1804	8.972	24.901	1.73E-15	67.6	90.71353
167	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	78.8711	7.04	19.654	4.28E-15	47.05	65.51239
209	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	78.8524	6.914	21.453	2.58E-15	55.15	65.47969
166	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM	-144.83	-10.33	-0.944	-5.7E-16	-4.99	-35.501
184	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-158.96	-10.33	0.0332	0	-0.28	-36.1621
2974	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-253.48	-10.2	-30.77	-1.4E-15	-0.81	-4.62494
2974	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-253.89	-10.2	-30.77	-1.4E-15	-15.4	-5.3429
2974	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-254.3	-10.2	-30.77	-1.4E-15	-30.6	-6.12145
3892	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-253.47	-10.2	-30.39	-1.4E-15	0.143	-4.62461
3892	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-253.89	-10.2	-30.39	-1.4E-15	-14.6	-5.34226
178	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	51.1272	9.812	23.887	4.13E-16	74.96	117.3343
196	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	51.1176	9.686	24.516	-1.5E-13	78.17	117.3119
184	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	43.667	9.56	24.032	0	75.83	117.0805
190	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	43.6629	9.434	24.396	-2.8E-17	77.73	117.071
172	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	61.8881	9.308	23.436	6.33E-16	72.43	116.7446
202	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	61.8734	9.182	24.628	1.09E-15	78.62	116.7092
166	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	79.612	9.056	23.011	2.27E-15	70.07	115.9963
184	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-361.62	0.908	-24.39	0	-77.7	-189.395
190	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-361.62	1.034	-24.03	-2.8E-17	-75.8	-189.386
178	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-364.75	1.16	-24.51	-4.1E-16	-78.2	-189.15
196	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-364.74	1.286	-23.89	-8.3E-13	-75	-189.127
175	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-425.4	1.748	-24.13	-2E-13	-76.7	-188.852
193	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-425.39	1.79	-23.37	-1.7E-13	-73	-188.829
181	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	-422.08	1.664	-23.94	-1.1E-13	-76	-188.755
202	0.5	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-269.12	9.896	-79.22	2.65E-16	-209	-68.378
206	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-216.94	9.896	1.0739	-2E-14	4.732	-20.1648
3839	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-308.27	9.896	-29.34	-4.2E-13	-1.17	-4.26829
4485	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1TE	-245.12	9.896	-4E-04	2.27E-16	-0	17.38556
178	1	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1QX+0.3QY	50.3016	9.896	23.887	4.13E-16	51.08	66.53985
202	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+0.3QX+1QY	-268.71	9.854	-79.22	2.65E-16	-248	-86.3215
164	0	1D+1RB. ATAS+1T. TANAH+1ALIRAN+1T. KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W	-216.72	9.854	-0.897	1.83E-14	-4.3	-20.1728
		Max	79.612	9.896				117.3343
		Min	-449.76	-10.33				-189.395

(Out Put Gaya Dalam Pancang Pada Abutment 1 Dari Sap 2000)

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame		OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	onf-m	Tonf-m
2436	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-16.74	20.1	22.8	3.53E-15	48	93.55
7800	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-16.75	20.1	26.5	4.69E-15	63	93.551
2436	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-17.09	20.1	22.8	3.53E-15	37	54.793
7800	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-17.09	20.1	26.5	4.69E-15	50	54.794
2437	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-17.34	19.8	18.3	3.97E-15	26	16.037
7801	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-17.34	19.8	21.8	5.5E-15	37	16.037
2436	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-17.44	20.1	22.8	3.53E-15	26	16.037
7801	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.03	19.9	21.8	5.5E-15	15	32.911
2456	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.28	18.4	10.9	3.57E-15	1.9	41.354
7802	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.28	18.4	13.6	5.27E-15	7.9	41.355
2457	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.53	9.08	6.01	4.81E-15	-1	49.961
7803	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.53	9.08	8.05	6.64E-15	3.6	49.961
2456	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.63	18.4	10.9	3.57E-15	-1	49.961
7802	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1QX+0.3QY	-18.63	18.4	13.6	5.27E-15	3.6	49.961
7814	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-218.8	-0.2	-0.08	4.21E-16	-0	0.1312
7813	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-218.8	-0.4	-0.1	4.48E-16	-0	0.1312
7813	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-218.8	-0.4	-0.1	4.48E-16	-0	0.1312
7491	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-218.8	9.26	1.45	4.33E-16	3.1	-0.447
7491	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-218.8	9.26	1.45	4.33E-16	3.1	-0.447
2572	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-218.8	-0.1	0.05	-6.8E-16	0.1	0.3004
5608	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-276.9	-2.4	0	-5.7E-17	-0	2.8016
5608	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM	-276.9	-2.4	0	-5.7E-17	-0	2.8016
4970	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W+1	-276.9	0.34	-0.25	-1.4E-14	-0	0.0517
7769	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM	-276.9	0.08	-0	8.41E-15	-0	-0.647
1318	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM	-276.9	0.08	0	-7E-15	0	-0.647
7129	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEM	-276.9	-4.7	-2.33	5.66E-15	-3	4.5236
5269	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1TEM	-276.9	-4.7	2.33	-8.4E-15	2.9	4.5237
5267	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM+1W+1	-276.9	-12	3.95	-6.9E-15	6	-4.915
7450	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM	-276.9	0.26	0.06	7.92E-15	0.2	0.1312
4970	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM	-276.9	0.26	-0.06	-4.9E-15	-0	0.1312
7475	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-276.9	1.3	0	1.14E-15	0	26.969
2572	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM	-218.8	-0.1	0.05	-6.8E-16	0.1	0.3004
2571	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-218.8	-0.2	0.06	-4.5E-16	0.1	0.3004
7529	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL4+1UDL4+1REM	-270.8	-0	-0	1.71E-16	-0	-1E-05
7763	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W+1	-270.8	-0	0.08	3.06E-14	0	-0.315
4961	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W	-270.8	-0	0.46	-5.2E-15	0.5	10.896
6909	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL1+1UDL1+1REM+1W+1	-270.8	-0	-0	0	-0	-4E-05
5599	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-270.8	0.16	-0	2.27E-16	-0	-0.762
5599	1	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-270.8	0.16	-0	2.27E-16	-0	-0.762
7467	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-270.8	-1.6	-0	2.96E-15	-0	1.1542
7467	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM	-270.8	-1.6	-0	2.96E-15	-0	1.1542
7466	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W	-270.8	-1.1	-0	3.55E-15	-0	0.6369
7466	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM+1W	-270.8	-1.1	-0	3.55E-15	-0	0.6369
4987	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM	-270.8	-1.6	0	-2E-15	0	1.1542
4987	0	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL2+1UDL2+1REM	-270.8	-1.6	0	-2E-15	0	1.1542
4987	0.5	1D+1RB. ATAS+1T.TANAH+1ALIRAN+1T.KAYU+1KEL3+1UDL3+1REM+1W+1	-270.8	-1.6	0	-3.7E-15	-0	1.9613
Max			-16.74	20.4				96.379
Min			-453.8	-19.3				-96.06

(Out Put Gaya Dalam Pancang Pada Abuutment 2 Dari Sap 2000)

DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
1	DENAH LOKSI JEMBATAN	1 : 6000	1	56
2	GENERAL LAYOUT JEMBATAN	1 : 2500	2	56
3	TAMPAK ATAS JEMBATAN (44 m)	1 : 500	3	56
4	TAMPAK ATAS JEMBATAN BUSUR	1 : 500	3	56
5	TAMPAK ATAS JEMBATAN (100 m)	1 : 500	3	56
6	DENAH KONSTRUKSI LANTAI JEMBATAN (44 m) As 1- 12	1 : 500	4	56
7	DENAH KONSTRUKSI LANTAI JEMBATAN BUSUR (As 12 - 34)	1 : 500	4	56
8	DENAH KONSTRUKSI LANTAI JEMBATAN BUSUR (As 35 - 57)	1 : 500	4	56
9	DENAH KONSTRUKSI LANTAI JEMBATAN (100 m) As 57 - 82	1 : 500	4	56
10	IKATAN ANGIN BAWAH (44 m) As 1 - 12	1 : 500	5	56
11	IKATAN ANGIN BAWAH BUSUR (As 12 - 34)	1 : 500	5	56
12	IKATAN ANGIN BAWAH BUSUR (As 35 - 57)	1 : 500	5	56
13	IKATAN ANGIN BAWAH (100 m) As 57 - 82	1 : 500	5	56
14	IKARAN ANGIN ATAS (44 m) As 1 - 12	1 : 500	6	56
15	IKATAN ANGIN ATAS BUSUR (As 12 - 34)	1 : 500	6	56
16	IKATAN ANGIN ATAS BUSUR (As 35 - 57)	1 : 500	5	56
17	IKATAN ANGIN ATAS (100 m) As 57 - 82	1 : 500	6	56
18	TAMPAK MEMANJANG JEMBATAN	1 : 1000	7	56
19	DETAIL MEMANJANG JEMBATAN BUSUR	1 : 600	7	56
20	DETAIL MEMANJANG JEMBATAN (44 m)	1 : 400	8	56

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
21	DETAIL MEMANJANG JEMBATAN (100 m)	1 : 400	8	56
22	TAMPAK MELINTANG JEMBATAN	1 : 200	9	56
23	DETAIL MELINTANG JEMBATAN	1 : 50	10	56
24	PENULANGAN PLAT 6 m	1 : 20	11	56
25	PENULANGAN PLAT 4 m	1 : 20	12	56
26	POTONGAN 1-1	1 : 20	13	56
27	POTONGAN 2-2	1 : 20	13	56
28	POTONGAN 3-3	1 : 20	13	56
29	DETAIL SANDARAN	1 : 20	14	56
30	PENULANGAN SANDARAN	1 : 20	14	56
31	POTONGAN 4-4	1 : 5	15	56
32	PENULANGAN KERB	1 : 5	15	56
33	DETAL A1	1 : 20	16	56
34	DETAIL A2	1 : 20	16	56
35	DETAIL B1	1 : 20	17	56
36	DETAIL B2	1 : 20	17	56
37	DEATIL C	1 : 20	18	56
38	POTONGAN 5-5	1 : 20	18	56
39	POTONGAN 6-6	1 : 20	18	56
40	DEATIL D	1 : 20	19	56

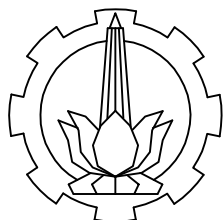
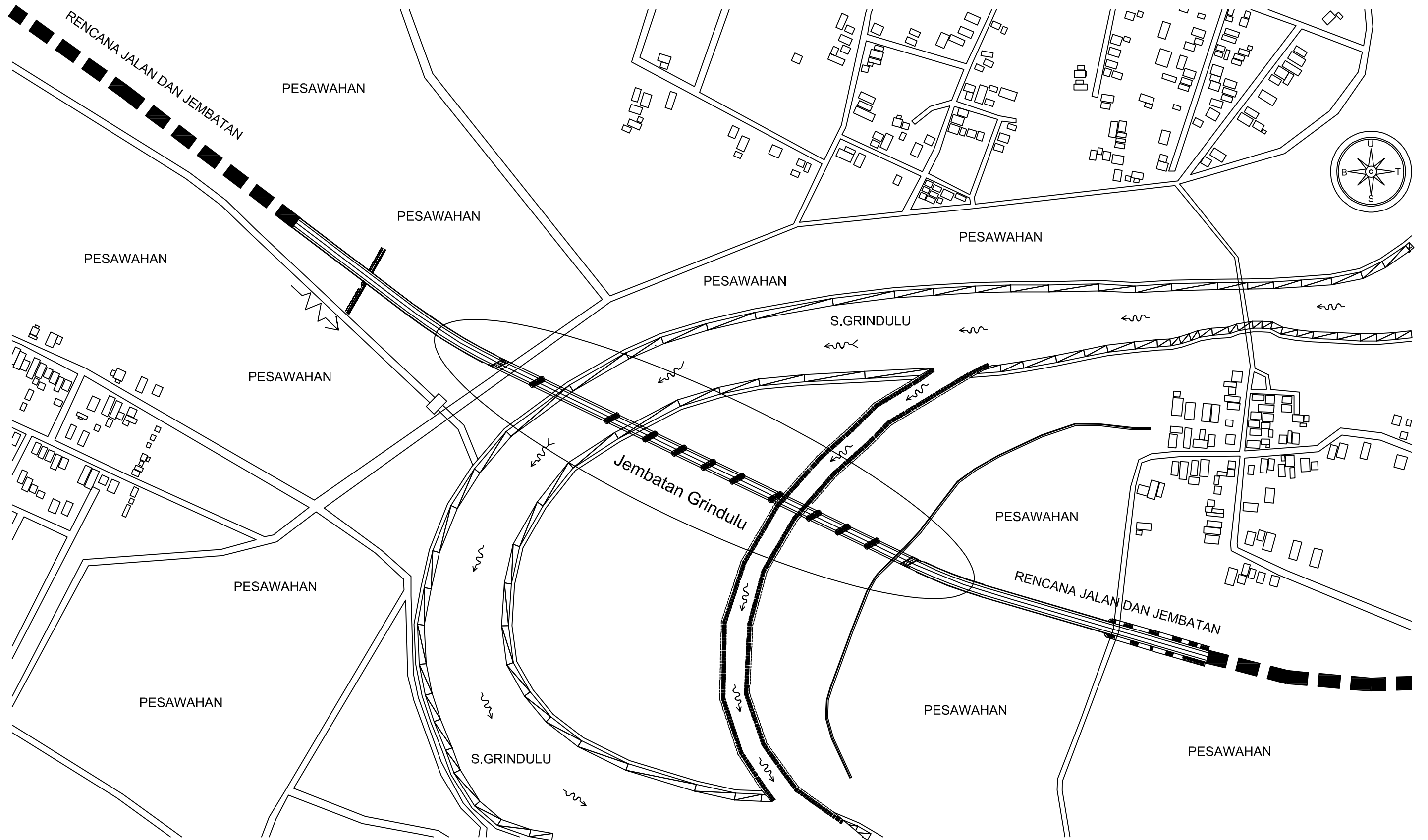
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
41	POTONGAN 7-7	1 : 20	19	56
42	POTONGAN 8-8	1 : 20	19	56
43	DETAIL E	1 : 20	20	56
44	POTONGAN 9-9	1 : 20	20	56
45	POTONGAN 10-10	1 : 20	20	56
46	DETAIL F	1 : 20	21	56
47	POTONGAN 11-11	1 : 20	21	56
48	POTONGAN 12-12	1 : 20	21	56
49	DETAIL G	1 : 20	22	56
50	POTONGAN 13-13	1 : 20	22	56
51	POTONGAN 14-14	1 : 20	22	56
52	DETAIL H	1 : 20	23	56
53	POTONGAN 15-15	1 : 20	23	56
54	POTONGAN 16-16	1 : 20	23	56
55	DETAIL I	1 : 20	24	56
56	POTONGAN 17-17	1 : 20	24	56
57	POTONGAN 18-18	1 : 20	24	56
58	DETAIL J	1 : 20	25	56
59	POTONGAN 19-19	1 : 20	25	56
60	POTONGAN 20-20	1 : 20	25	56
61	DETAIL K	1 : 20	26	56
62	POTONGAN 21-21	1 : 20	26	56
63	POTONGAN 22-22	1 : 20	26	56
64	DETAIL L	1 : 20	27	56

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
65	POTONGAN 23-23	1 : 20	27	56
66	POTONGAN 24-24	1 : 20	27	56
67	DETAIL M	1 : 20	28	56
68	POTONGAN 25-25	1 : 20	28	56
69	POTONGAN 26-26	1 : 20	28	56
70	DETAIL N	1 : 20	29	56
71	POTONGAN 27-27	1 : 20	29	56
72	POTONGAN 28-28	1 : 20	29	56
73	DETAIL O	1 : 20	30	56
74	POTONGAN 29-29	1 : 25	30	56
75	POTONGAN 30-30	1 : 25	30	56
76	DETAIL P	1 : 25	31	56
77	POTONGAN 31-31	1 : 25	31	56
78	POTONGAN 32-32	1 : 25	31	56
79	DETAIL Q	1 : 25	32	56
80	POTONGAN 33-33	1 : 30	32	56
81	POTONGAN 34-34	1 : 25	32	56
82	DETAIL R	1 : 30	33	56
83	POTONGAN 35-35	1 : 25	33	56
84	POTONGAN 36-36	1 : 30	33	56
85	DETAIL S	1 : 25	34	56
86	POTONGAN 37-37	1 : 20	34	56
87	POTONGAN 38-38	1 : 20	34	56
88	DETAIL T	1 : 20	35	56

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
89	POTONGAN 39-39	1 : 20	35	56
90	POTONGAN 40-40	1 : 20	35	56
91	DETAIL U	1 : 20	36	56
92	POTONGAN 41-41	1 : 20	36	56
93	POTONGAN 42-42	1 : 20	36	56
94	DETAIL V	1 : 20	37	56
95	POTONGAN 43-43	1 : 20	37	56
96	POTONGAN 44-44	1 : 20	37	56
97	DETAIL W	1 : 20	38	56
98	POTONGAN 45-45	1 : 20	38	56
99	POTONGAN 46-46	1 : 20	38	56
100	DETAIL X	1 : 20	39	56
101	POTONGAN 47-47	1 : 20	39	56
102	POTONGAN 48-48	1 : 20	39	56
103	DETAIL Y	1 : 20	40	56
104	POTONGAN 49-49	1 : 20	40	56
105	POTONGAN 50-50	1 : 20	40	56
106	DETAIL Z	1 : 20	41	56
107	POTONGAN 51-51	1 : 20	41	56
108	POTONGAN 52-52	1 : 20	41	56
109	DETAIL AA	1 : 20	42	56
110	POTONGAN 53-53	1 : 20	42	56
111	POTONGAN 54-54	1 : 20	42	56
112	POTONGAN 55-55	1 : 20	42	56

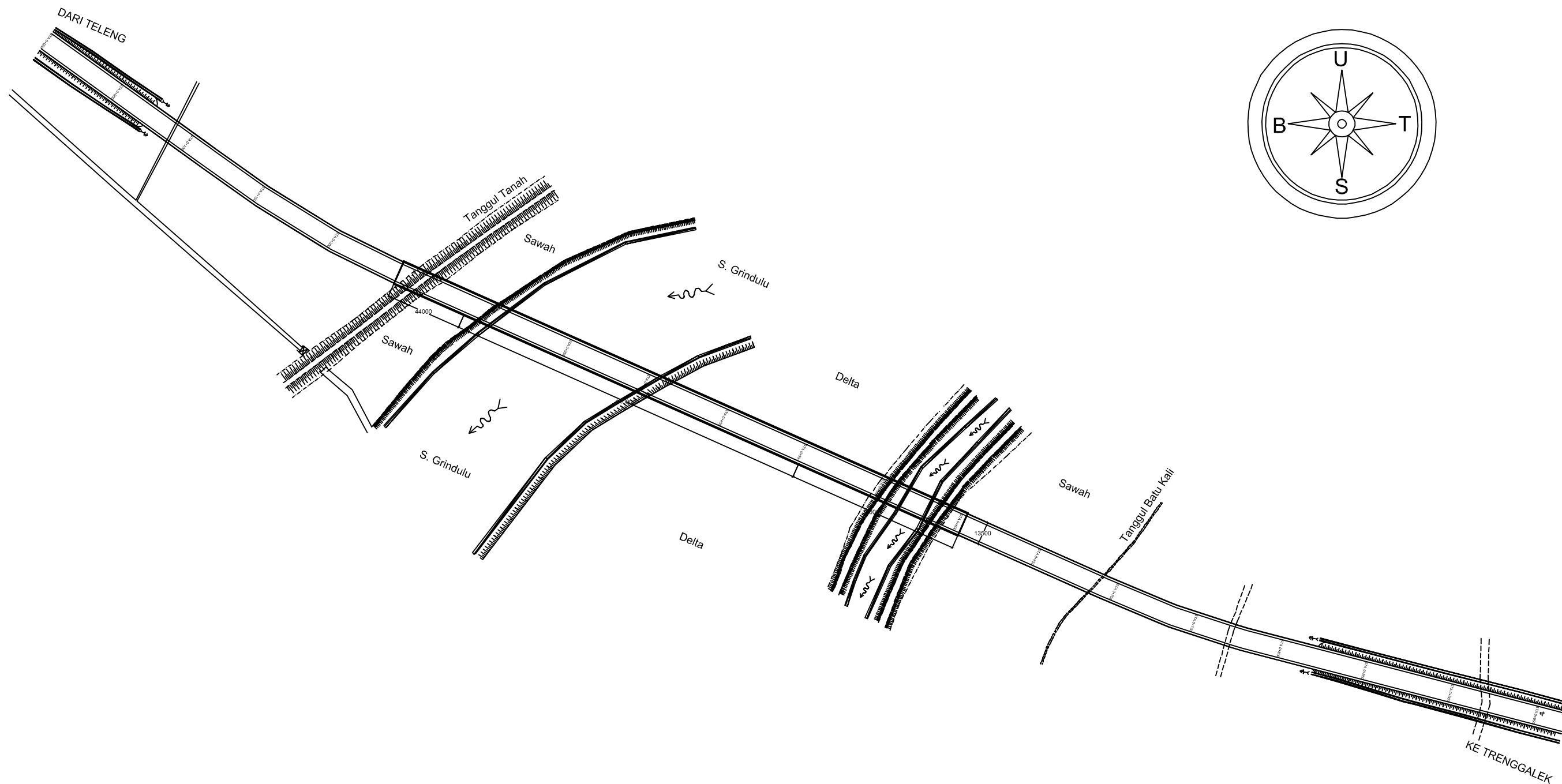
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
113	DETAIL AB	1 : 20	43	56
114	POTONGAN 56-56	1 : 20	43	56
115	POTONGAN 57-57	1 : 20	43	56
116	POTONGAN 58-58	1 : 20	43	56
117	DETAIL AC	1 : 20	44	56
118	POTONGAN 59-59	1 : 20	44	56
119	POTONGAN 60-60	1 : 20	44	56
120	DETAIL AD	1 : 20	45	56
121	POTONGAN 61-61	1 : 20	45	56
122	POTONGAN 62-62	1 : 20	45	56
123	POTONGAN 63-63	1 : 20	45	56
124	DETAIL AE	1 : 20	46	56
125	POTONGAN 64-64	1 : 20	46	56
126	POTONGAN 65-65	1 : 20	46	56
127	DETAIL AF	1 : 20	47	56
128	POTONGAN 66-66	1 : 20	47	56
128	POTONGAN 67-67	1 : 20	47	56
130	POTONGAN 68-68	1 : 20	47	56
131	PERLETAKAN SENDI	1 : 10	48	56
132	PERLETAKAN ROL	1 : 10	48	56
133	POTONGAN 69-69	1 : 10	48	56
134	POTONGAN 70-70	1 : 10	48	56
135	DETAIL CLOSED BRIDGE SOCKET	1 : 10	49	56
136	TAMPAK DEPAN CLOSED BRIDGE SOCKET	1 : 10	49	56

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
137	TAMPAK SAMPING CLOSED BRIDGE SOCKET	1 : 10	49	56
138	ABUTMENT (TAMPAK ATAS)	1 : 100	50	56
139	TULANGAN PILE CAP (ABUTMENT)	1 : 100	50	56
140	POTONGAN 71-71	1 : 100	51	56
141	POTONGAN 72-72	1 : 100	51	56
142	POTONGAN 73-73	1 : 100	51	56
143	PILAR (TAMPAK ATAS)	1 : 100	52	56
144	TULANGAN PILE CAP (PILAR)	1 : 100	53	56
145	POTONGAN 74-74	1 : 100	54	56
146	POTONGAN 75-75	1 : 100	54	56
147	POTONGAN 76-76	1 : 100	54	56
148	TULANGAN WINGWALL	1 : 50	55	56
149	POTONGAN 77-77	1 : 50	55	56
150	POTONGAN 78-78	1 : 50	55	56
151	TULANGAN PLAT INJAK	1 : 10	56	56

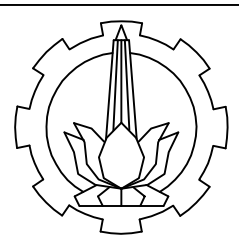


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DENAH LOKASI JEMBATAN	1:6000	1	56

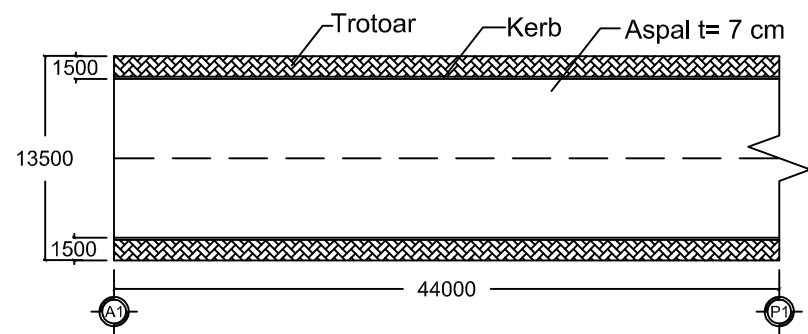


 **GENERAL LAYOUT JEMBATAN**
SKALA 1 : 2500

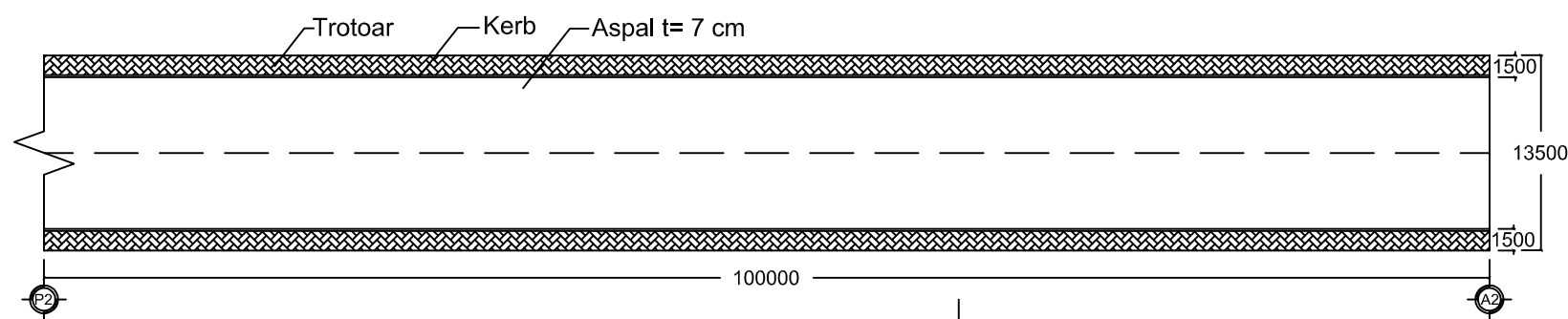


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

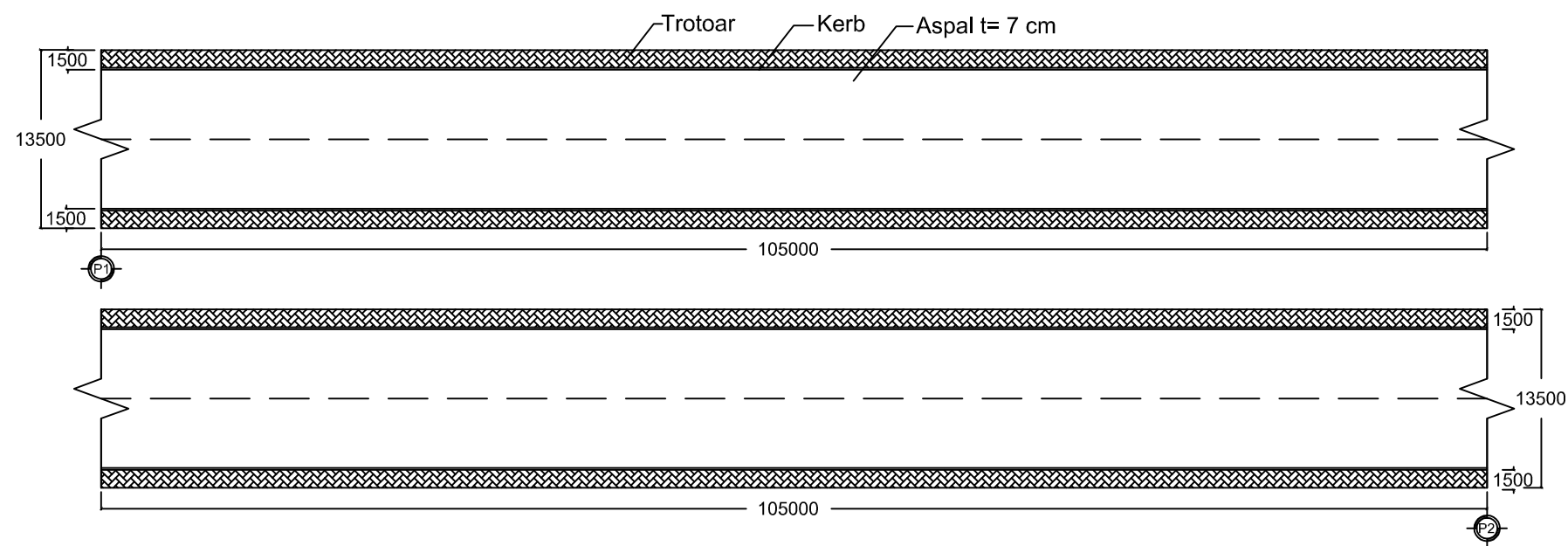
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	GENERAL LAYOUT JEMBATAN	1:2500	2	56

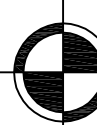


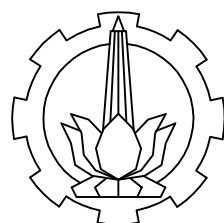
 **TAMPAK ATAS JEMBATAN (44 m)**
SKALA 1 : 500



 **TAMPAK ATAS JEMBATAN (100 m)**
SKALA 1 : 500



 **TAMPAK ATAS JEMBATAN BUSUR**
SKALA 1 : 500



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

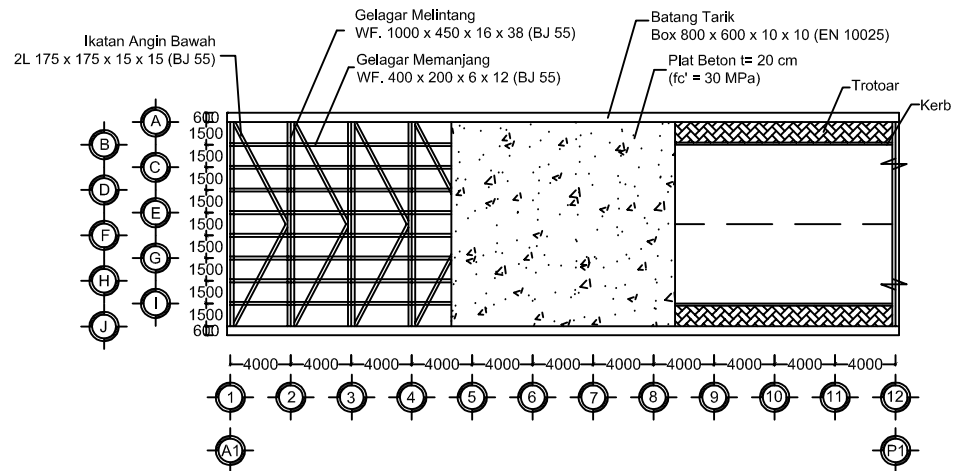
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

TAMPAK ATAS JEMBATAN
(44 m)
TAMPAK ATAS JEMBATAN
BUSUR
TAMPAK ATAS JEMBATAN
(100 m)

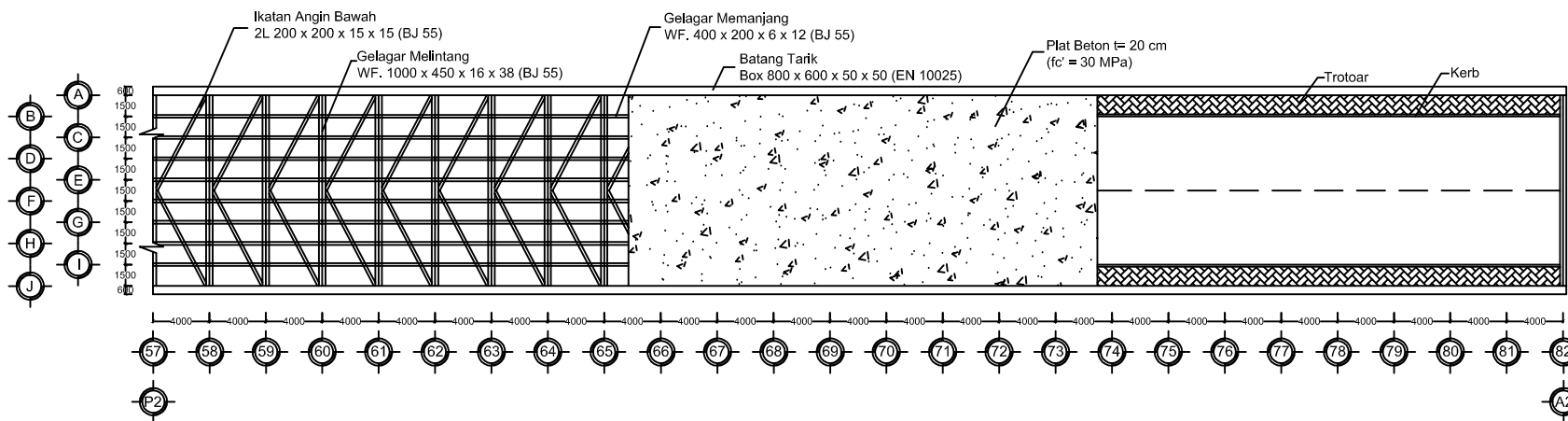
1:500
1:500
1:500

3

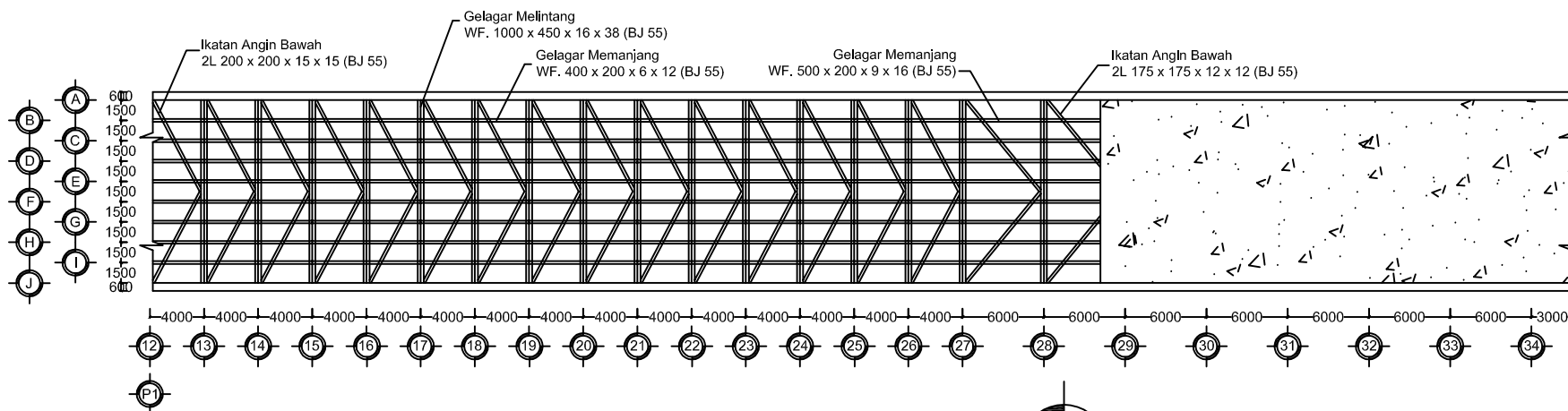
56



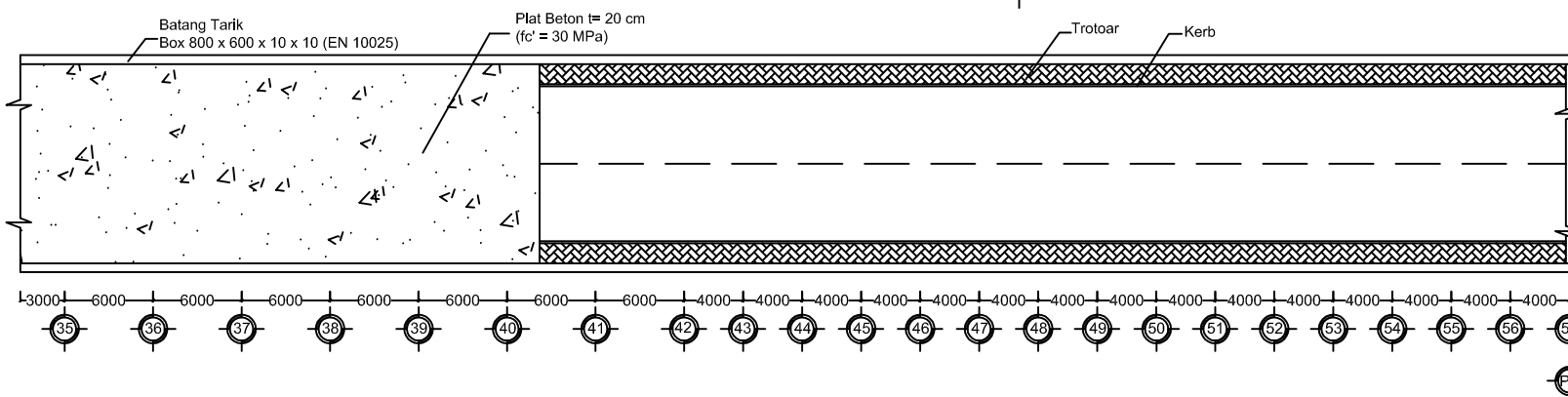
 **DENAH KONSTRUKSI LANTAI JEMBATAN (44 m) As 1 - 12**
SKALA 1 : 500



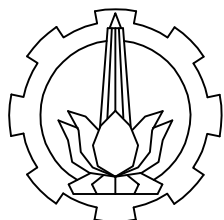
 **DENAH KONSTRUKSI LANTAI JEMBATAN (100 m) As 57 - 82**
SKALA 1 : 500



 **DENAH KONSTRUKSI LANATI JEMBATAN BUSUR (As 12 - 34)**
SKALA 1 : 500



 **DENAH KONSTRUKSI LANATI JEMBATAN BUSUR (As 35 - 57)**
SKALA 1 : 500



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

NAMA GAMBAR

SKALA

NOMOR

JUMLAH

TUGAS AKHIR TERAPAN

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

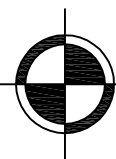
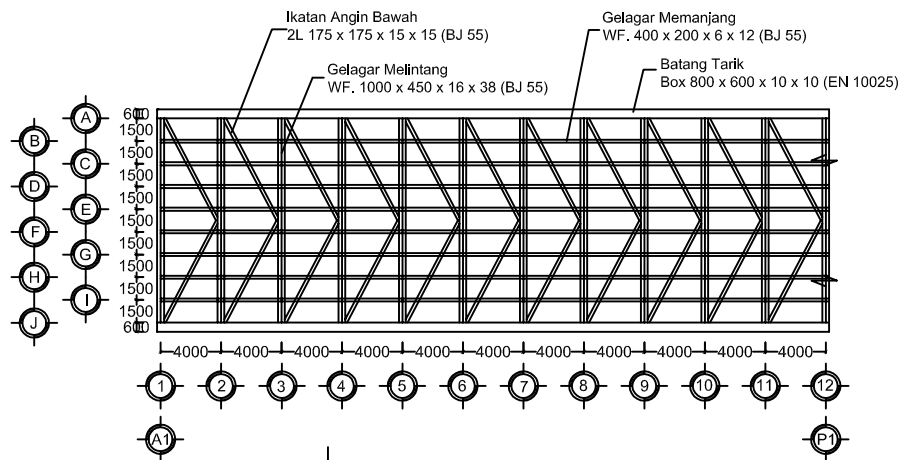
HENDRA DARMAWAN
3113041048

DENAH KONSRTUKSI LANTAI
JEMBATAN (44 m)
DENAH KONSTRUKSI LANTAI
JEMBATAN BUSUR
DENAH KONSTRUKSI LANTAI
JEMBATAN (100 m)

1:500
1:500
1:500

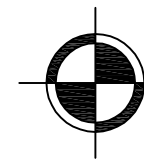
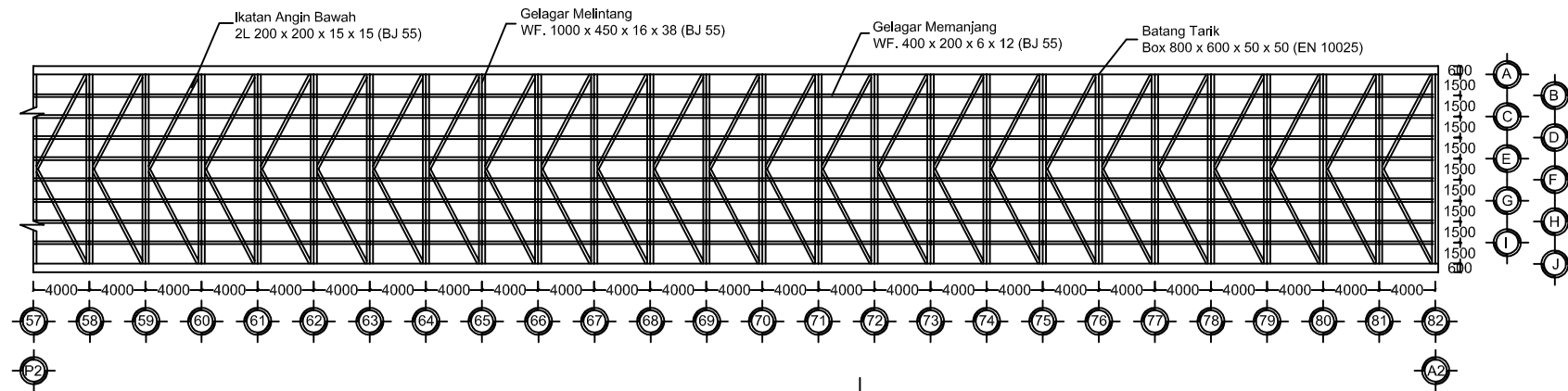
4

56



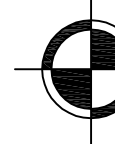
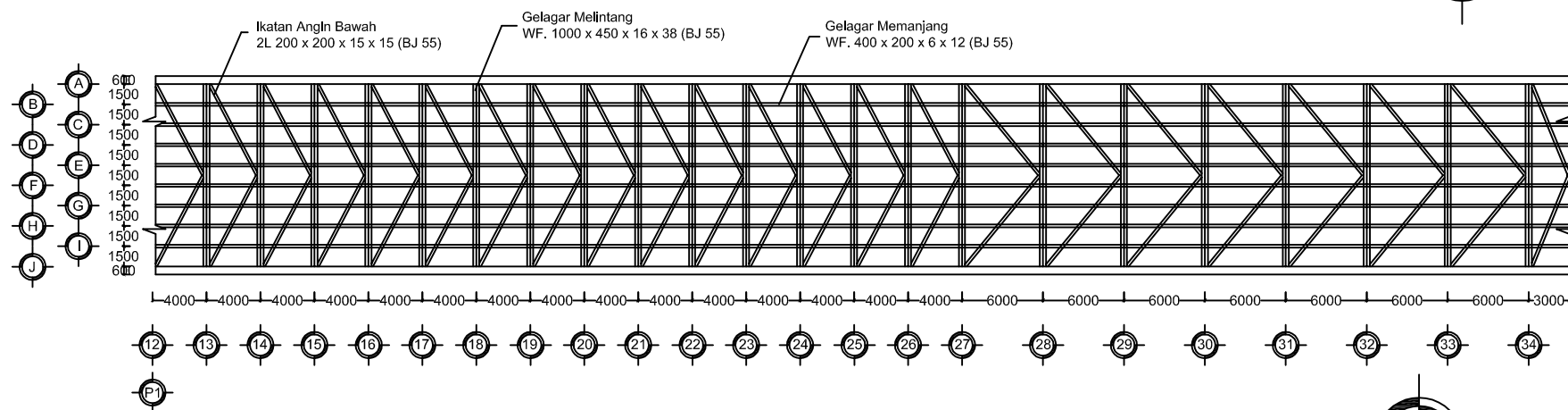
IKATAN ANGIN BAWAH (44 m) As 1 - 12

SKALA 1 : 500



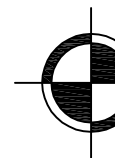
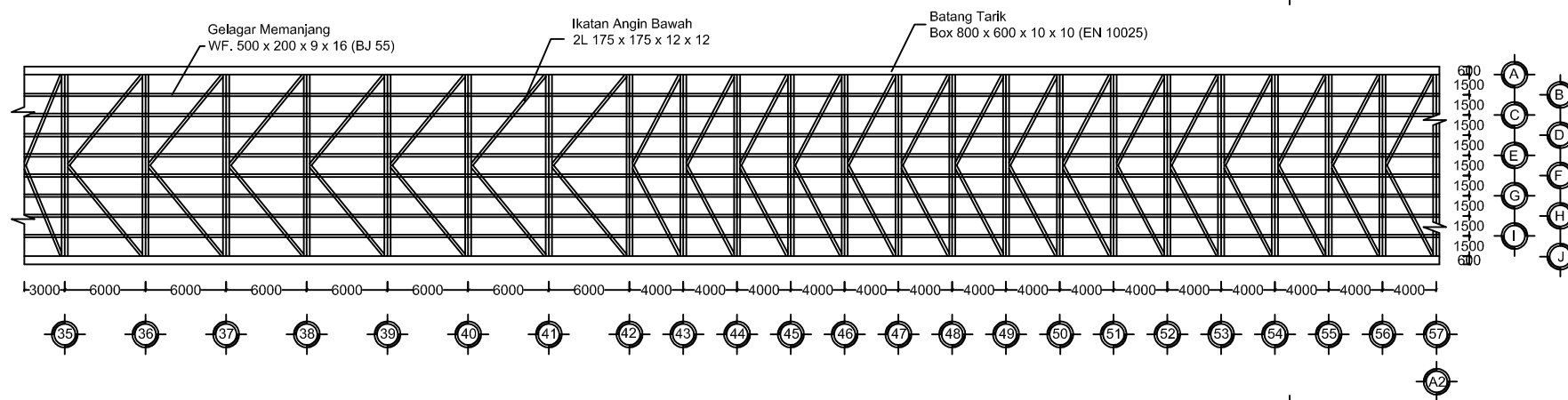
IKATAN ANGIN BAWAH (100 m) As 57 - 82

SKALA 1 : 500



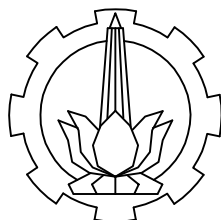
IKATAN ANGIN BAWAH BUSUR (As 12 - 34)

SKALA 1 : 500



IKATAN ANGIN BAWAH BUSUR (As 35 - 57)

SKALA 1 : 500



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

NAMA MAHASISWA

HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR

IKATAN ANGIN BAWAH
(44 m)
IKATAN ANGIN BAWAH BUSUR
IKATAN ANGIN BAWAH
(100 m)

SKALA

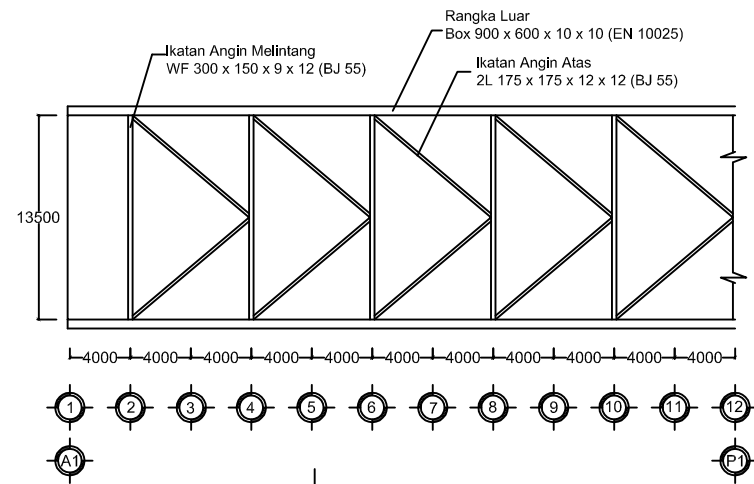
1:500
1:500
1:500

NOMOR

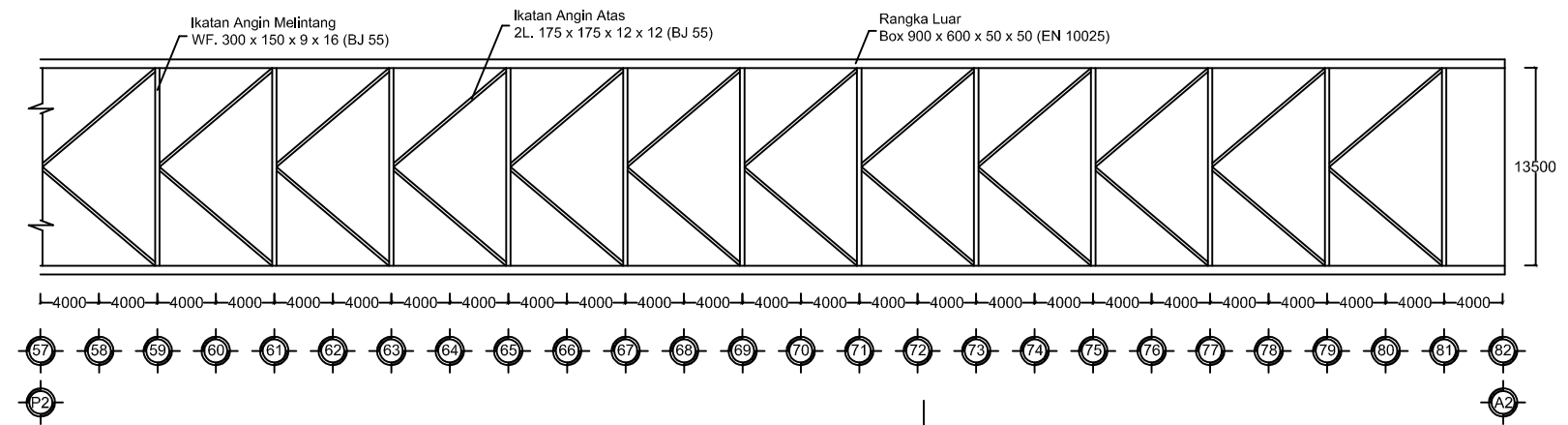
5

JUMLAH

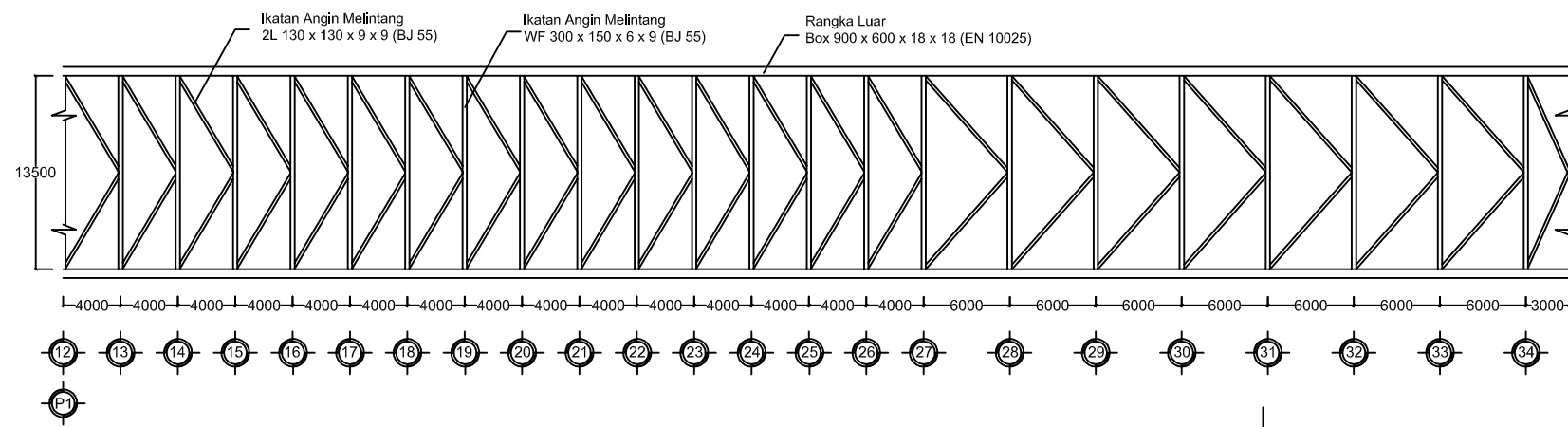
56



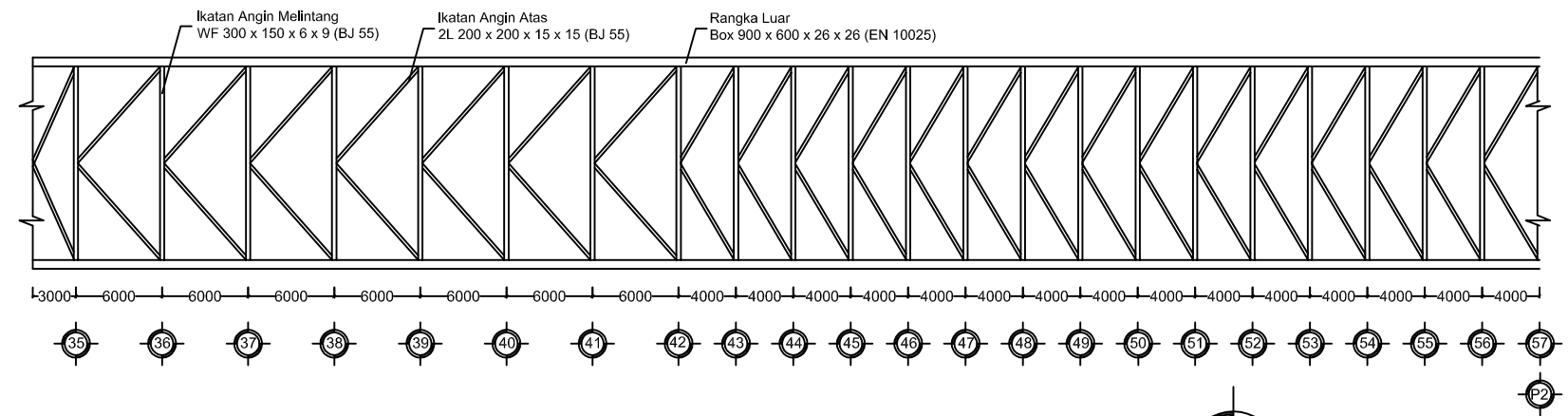
 **IKATAN ANGIN ATAS (44 m) As 1 - 12**
SKALA 1 : 500



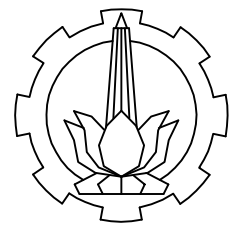
 **IKATAN ANGIN ATAS (100 m) As 57 - 82**
SKALA 1 : 500



 **IKATAN ANGIN ATAS BUSUR (As 12 - 34)**
SKALA 1 : 500

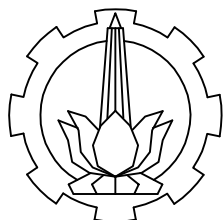
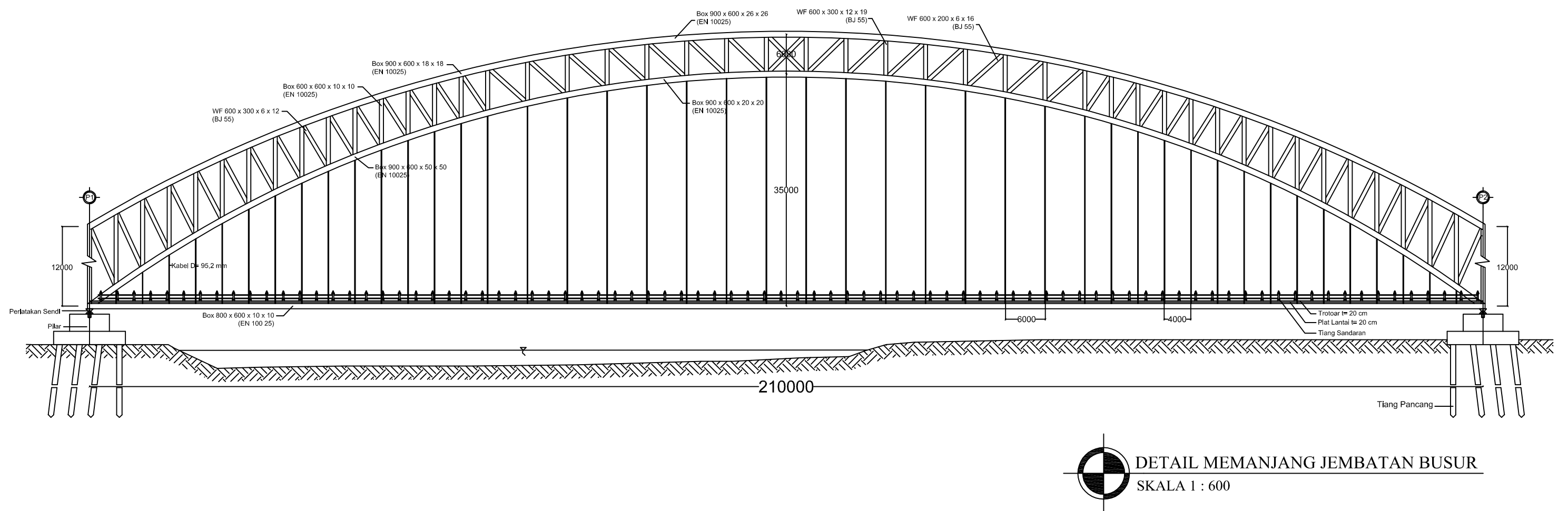


 **IKATAN ANGIN ATAS BUSUR (As 35 - 57)**
SKALA 1 : 500



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	IKATAN ANGIN ATAS (44 m) IKATAN ANGIN ATAS BUSUR IKATAN ANGIN ATAS (100 m)	1:500 1:500 1:500	6	56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

NAMA GAMBAR

SKALA

NOMOR

Jumlah

TUGAS AKHIR TERAPAN

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

HENDRA DARMAWAN
3113041048

TAMPAK MEMANJANG
JEMBATAN

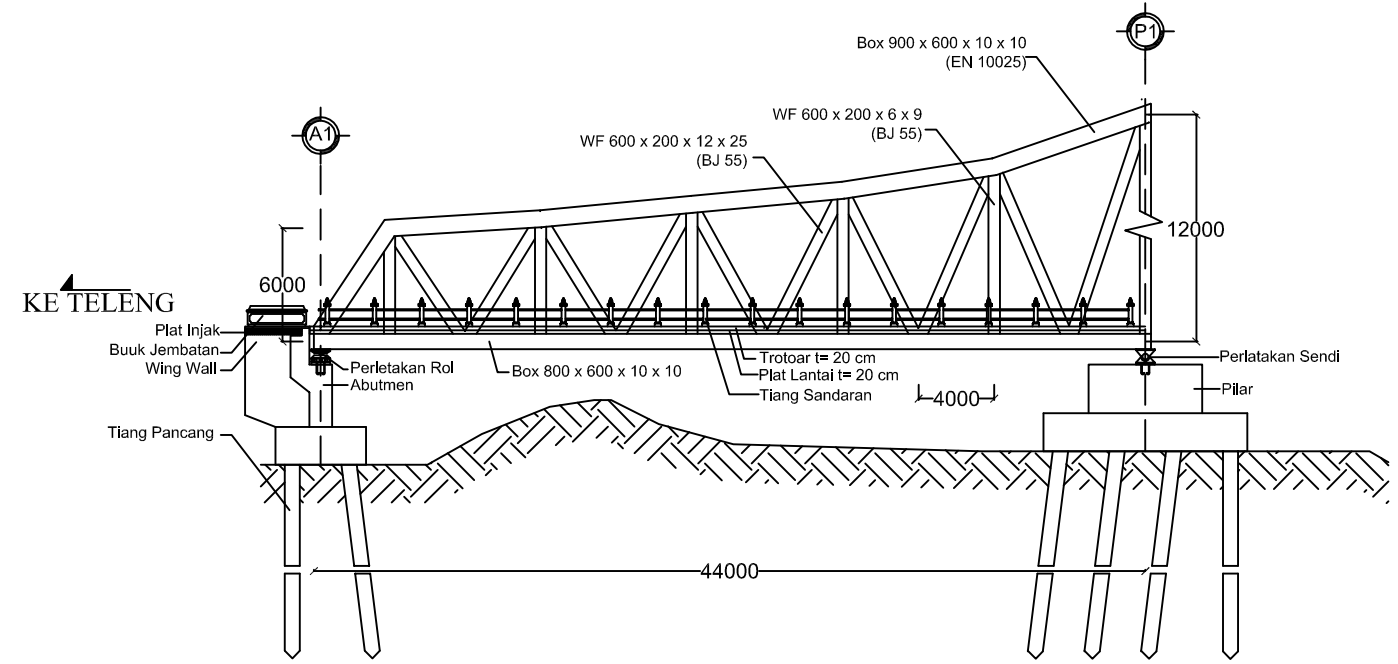
DETAIL MEMANJANG
JEMBATAN BUSUR

1:1000

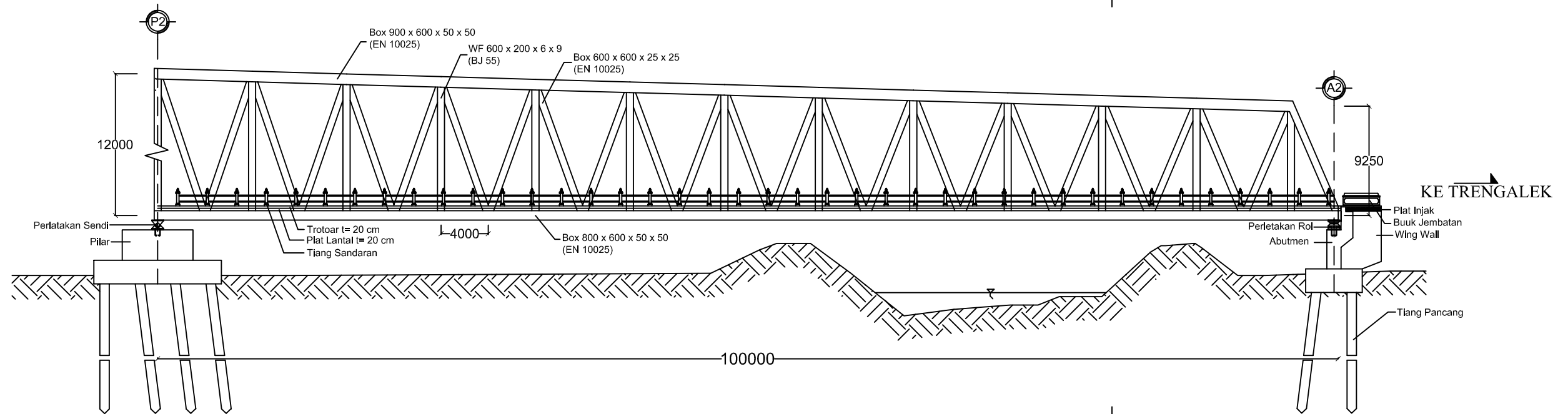
1:600

7

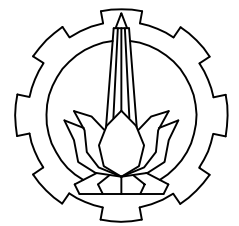
56



DETAIL MEMANJANG JEMBATAN (44 m)
SKALA 1 : 400

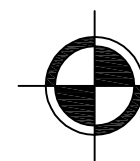
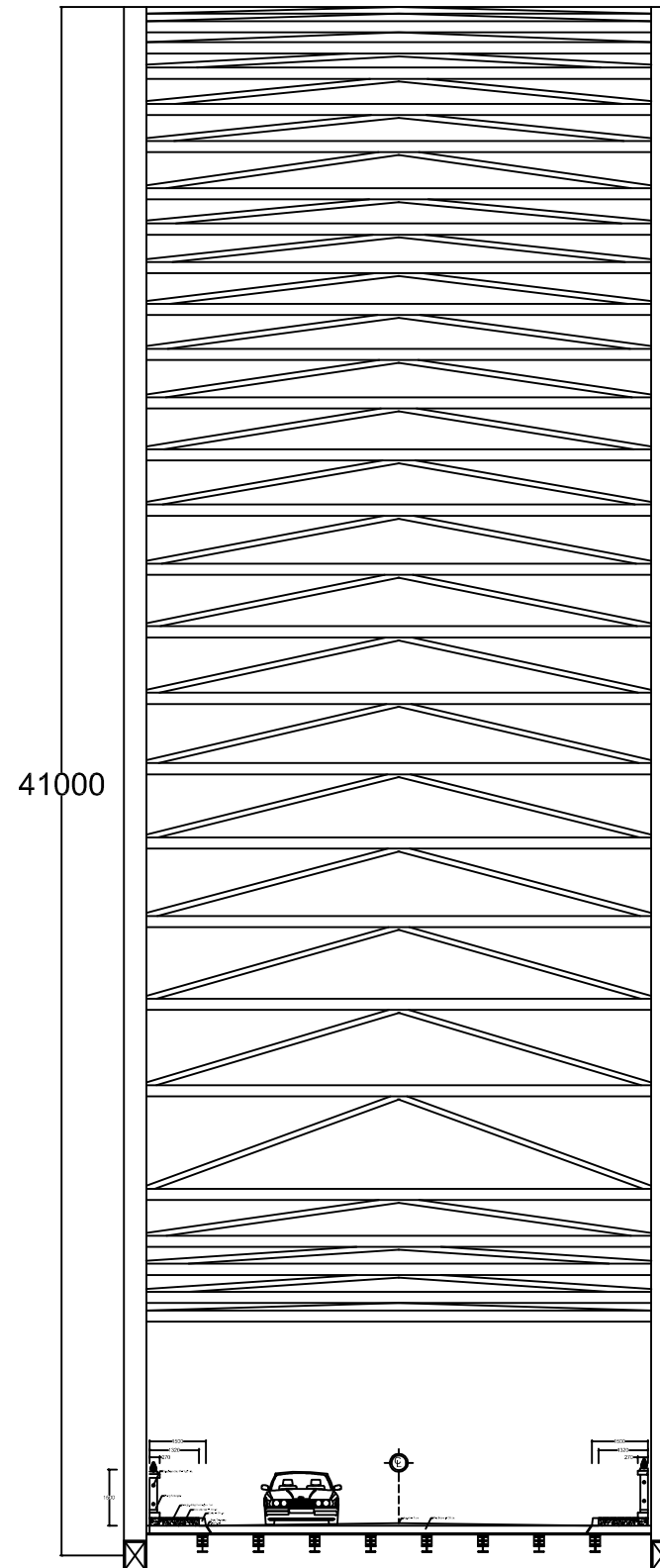


DETAIL MEMANJANG JEMBATAN (100 m)
SKALA 1 : 400

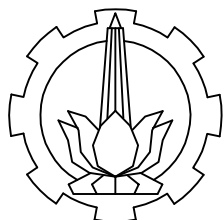


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL MEMANJANG JEMBATAN (44 m) DETAIL MEMANJANG JEMBATAN (100 m)	1:400 1:400	8	56



TAMPAK MELINTANG JEMBATAN
SKALA 1 : 200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

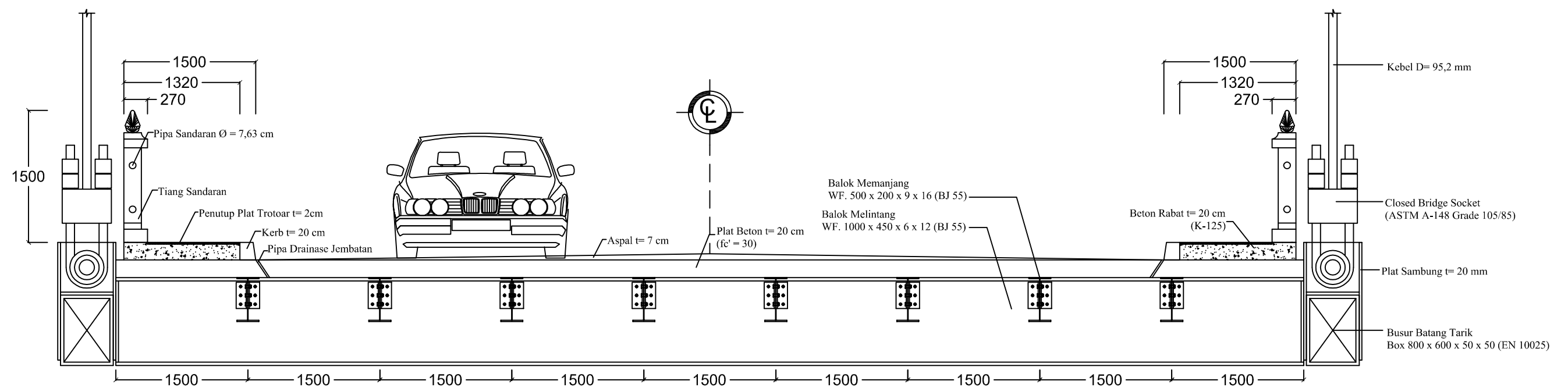
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
TAMPAK MELINTANG
JEMBATAN

SKALA
1:200

NOMOR
9

JUMLAH
56



DETAIL MELINTANG JEMBATAN
SKALA 1 : 50



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

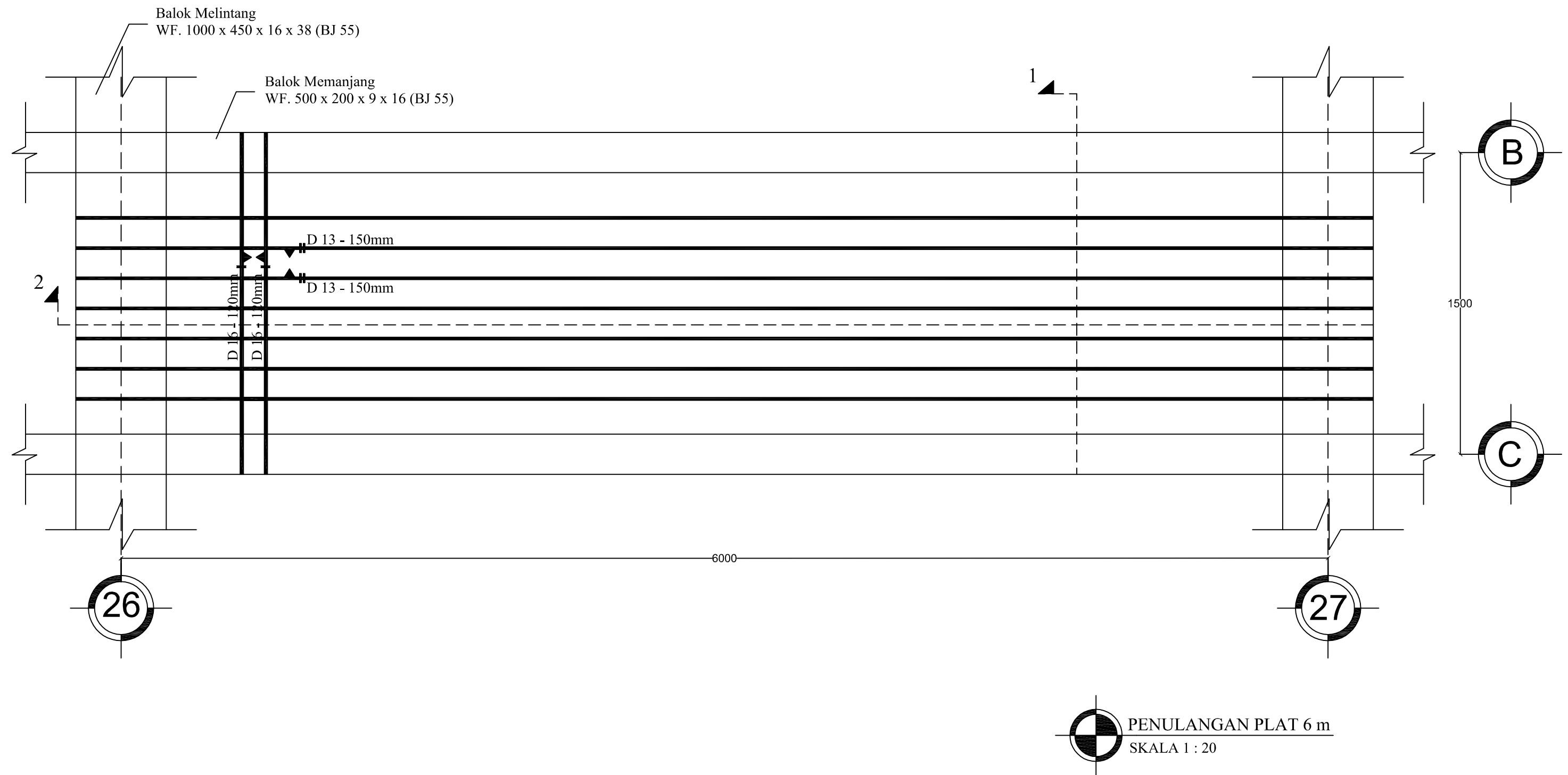
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
DETAIL MELINTANG
JEMBATAN

SKALA
1:50

NOMOR
10

JUMLAH
56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

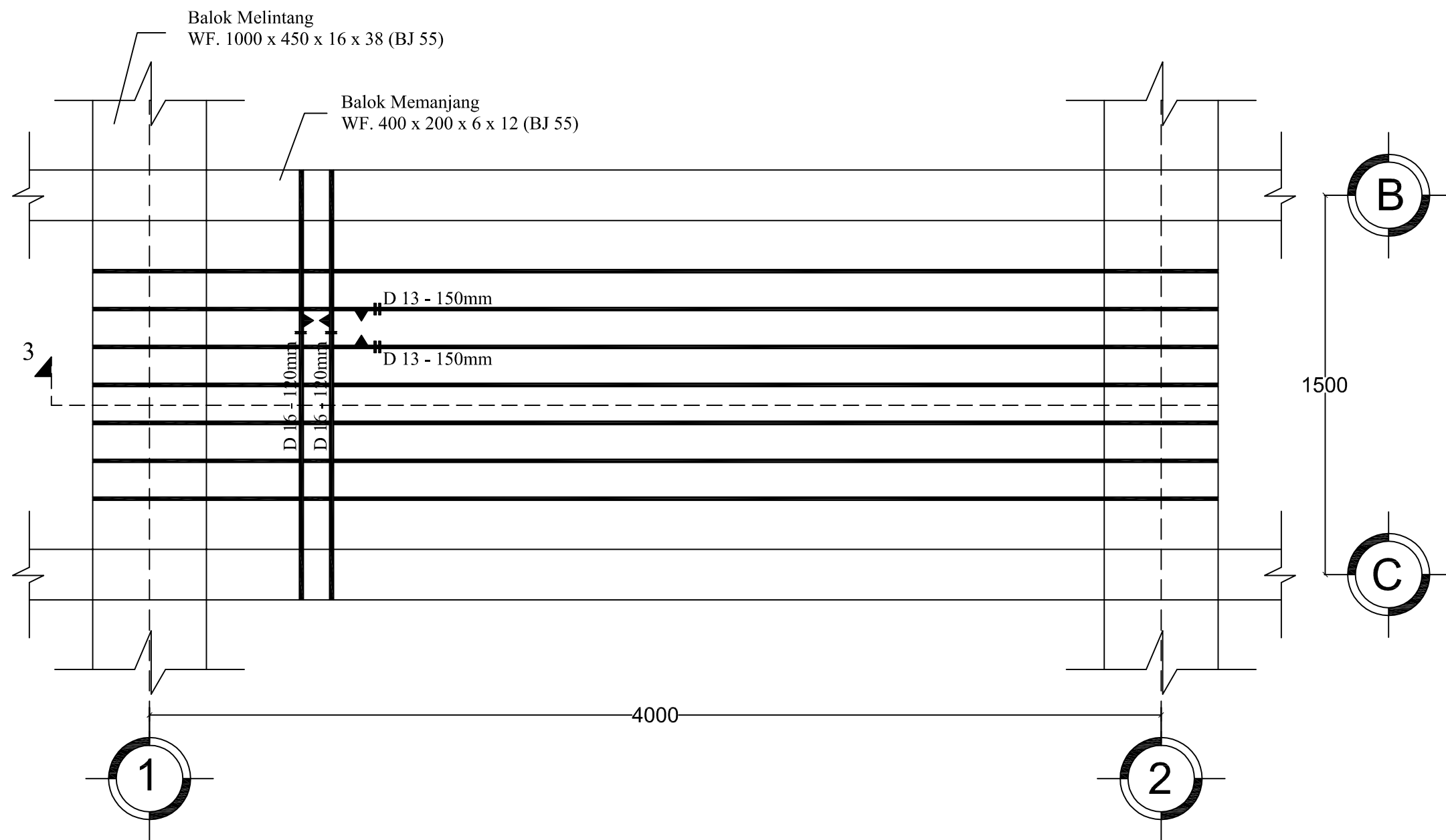
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
PENULANGAN PLAT 6m

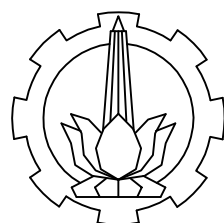
SKALA
1:20

NOMOR
11

JUMLAH
56



 **PENULANGAN PLAT 4 m**
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

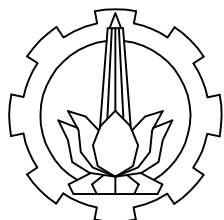
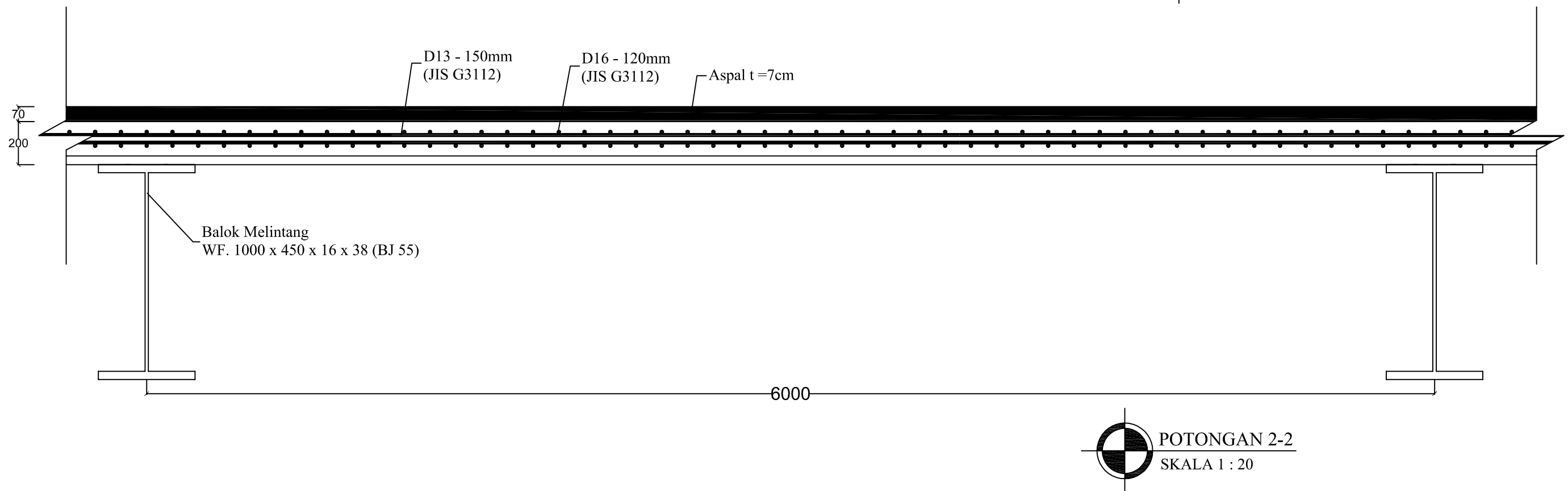
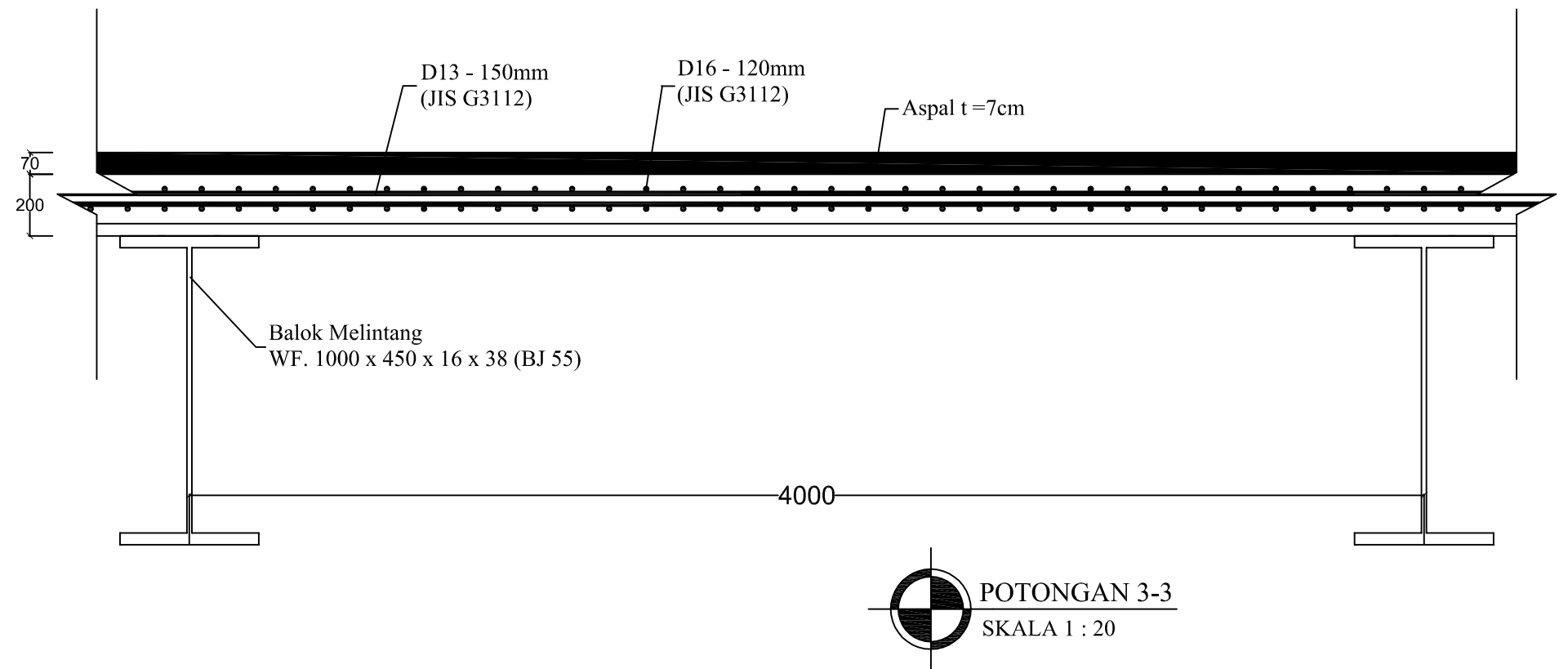
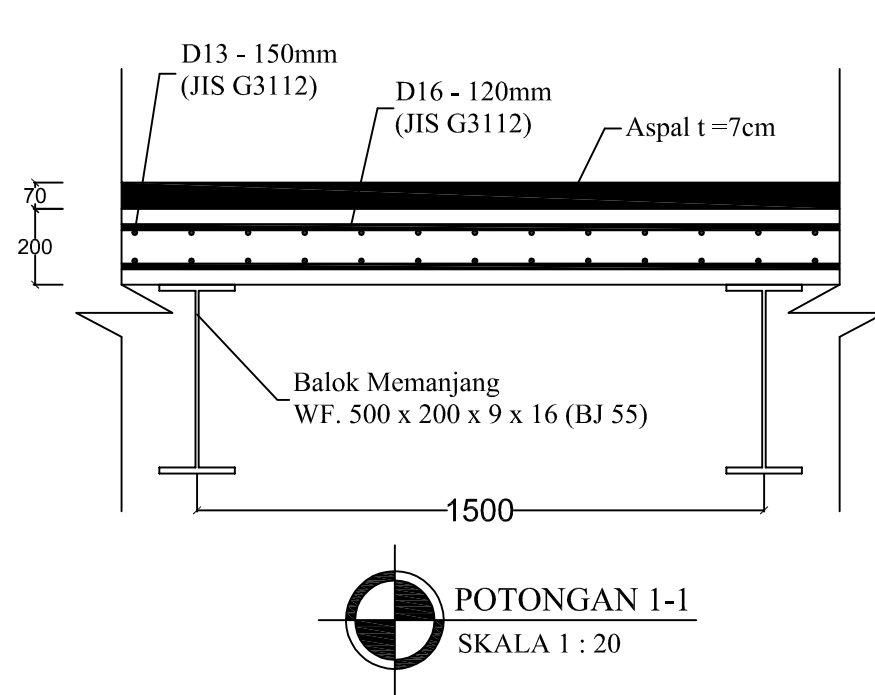
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
PENULANGAN PLAT 4m

SKALA
1:20

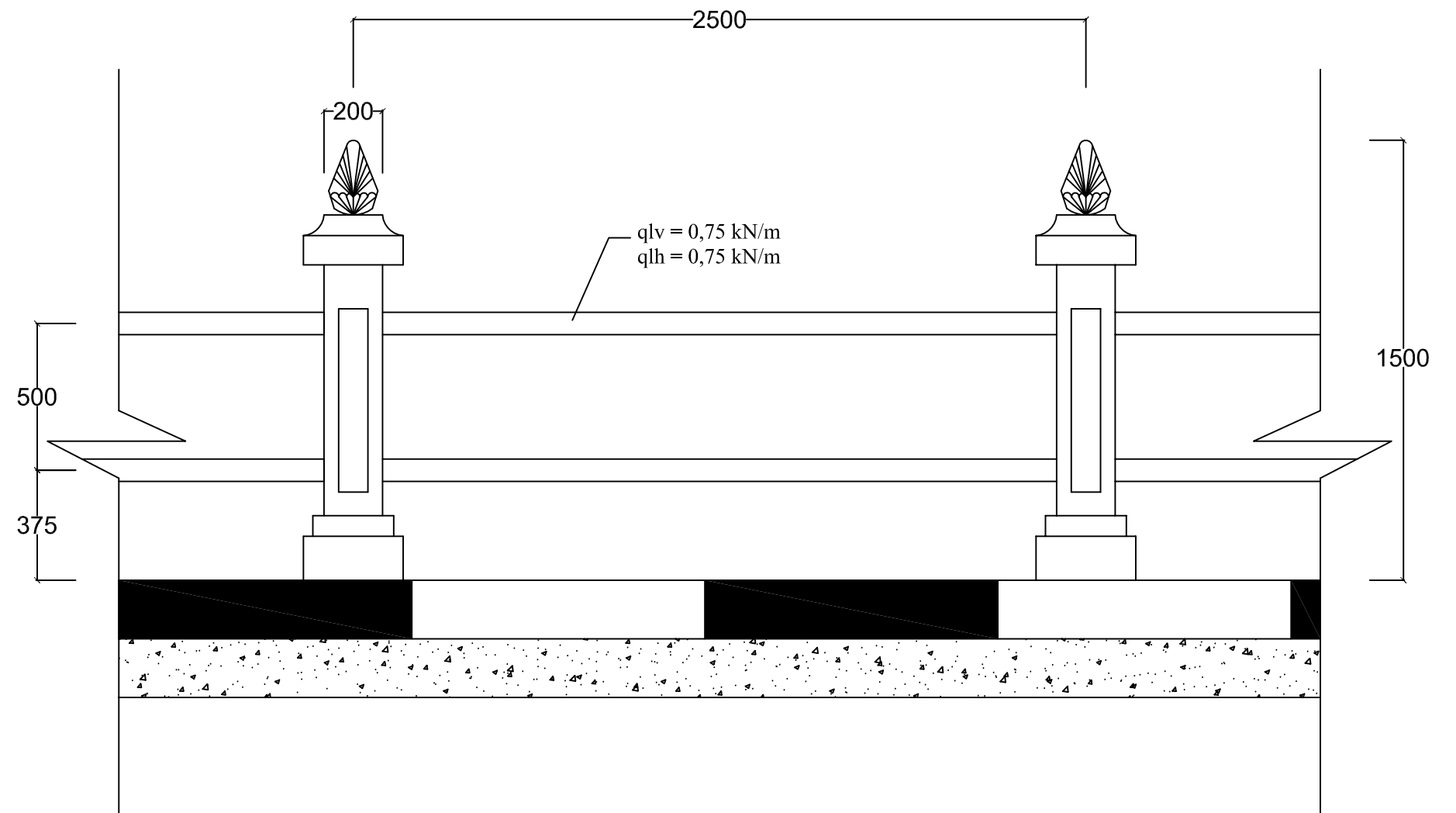
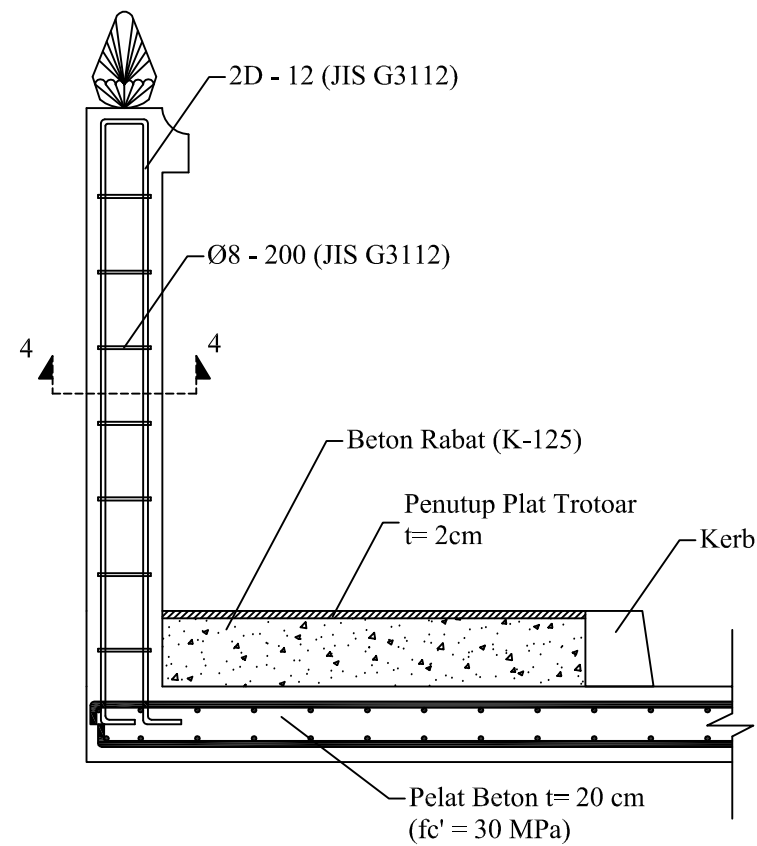
NOMOR
12

JUMLAH
56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	POTONGAN 1-1 POTONGAN 2-2 POTONGAN 3-3	1:20 1:20 1:20	13	56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

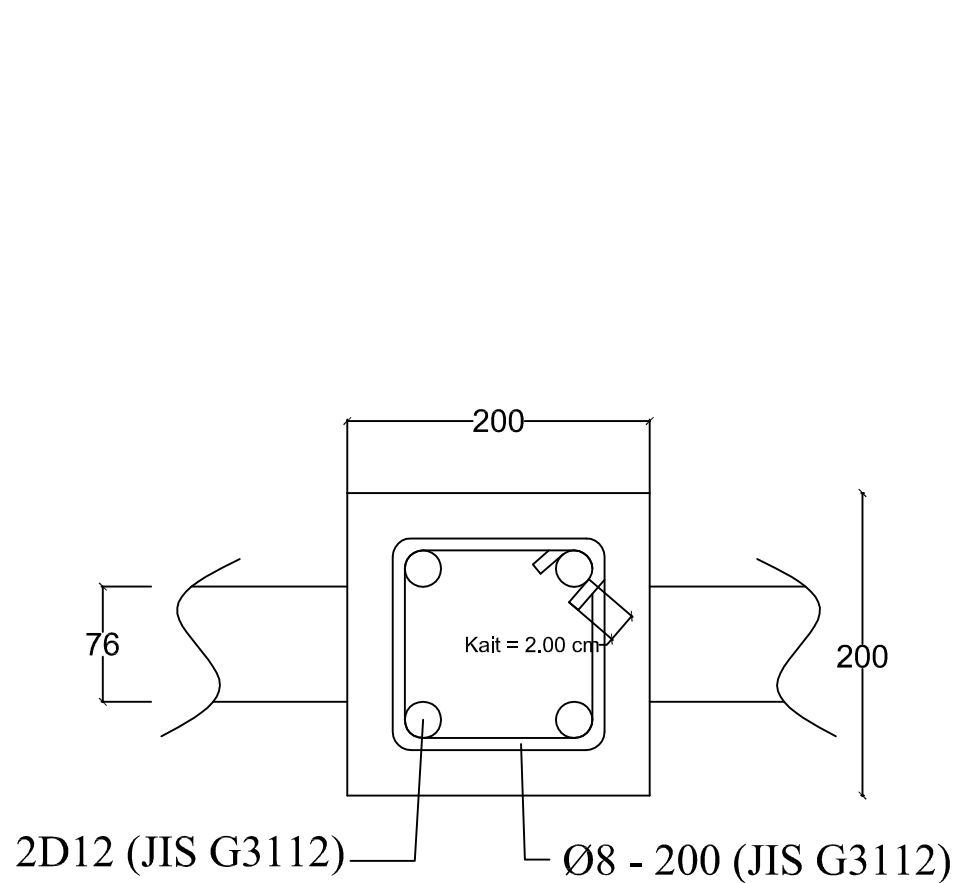
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
DETAIL SANDARAN
PENULANGAN SANDARAN

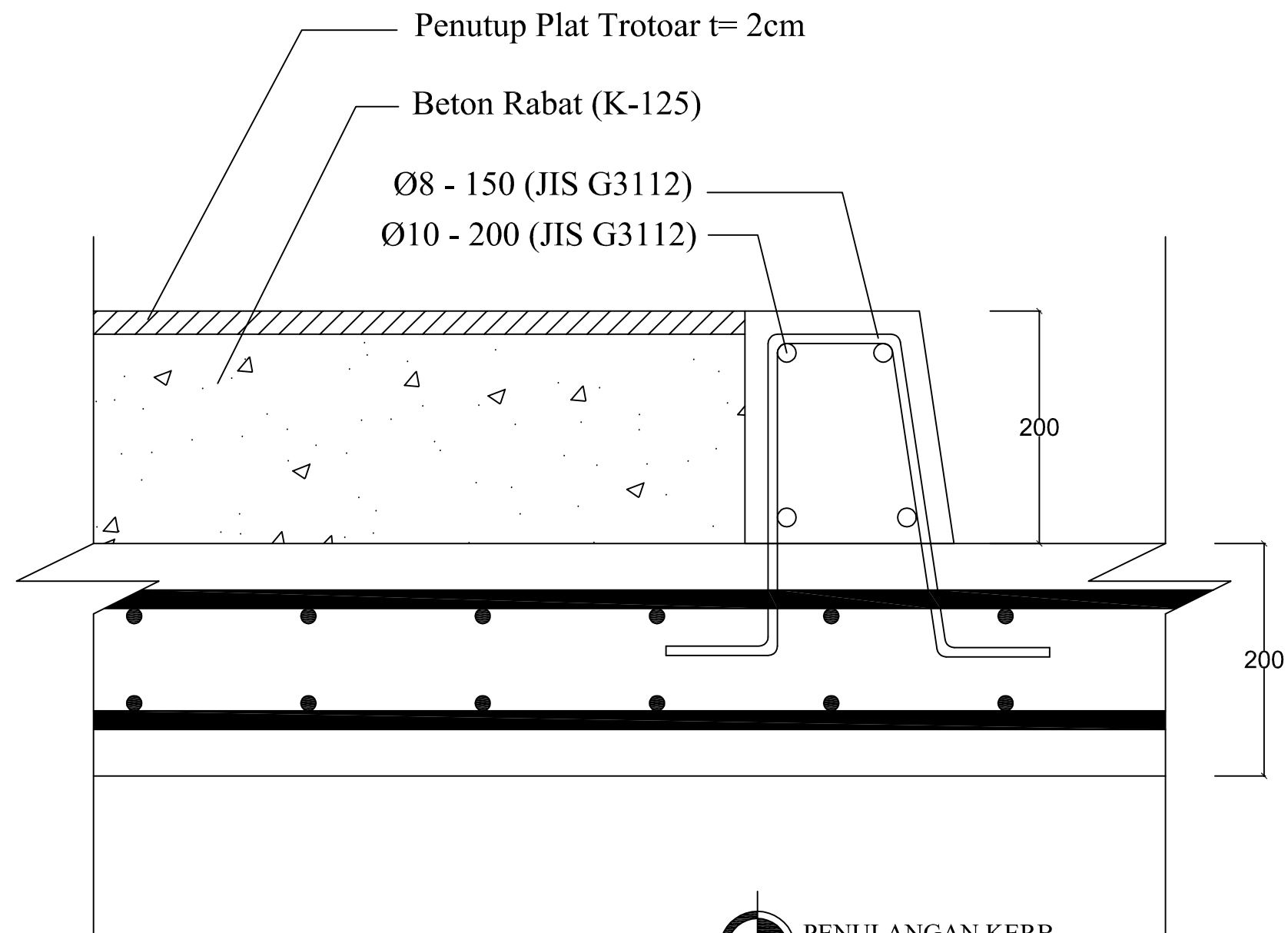
SKALA
1:20
1:20

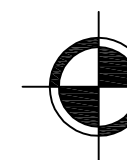
NOMOR
14

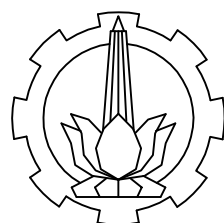
JUMLAH
56



 **POTONGAN 4-4**
SKALA 1 : 5



 **PENULANGAN KERB**
SKALA 1 : 5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

NAMA MAHASISWA

HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR

PENULANGAN KERB
POTONGAN 4-4

SKALA

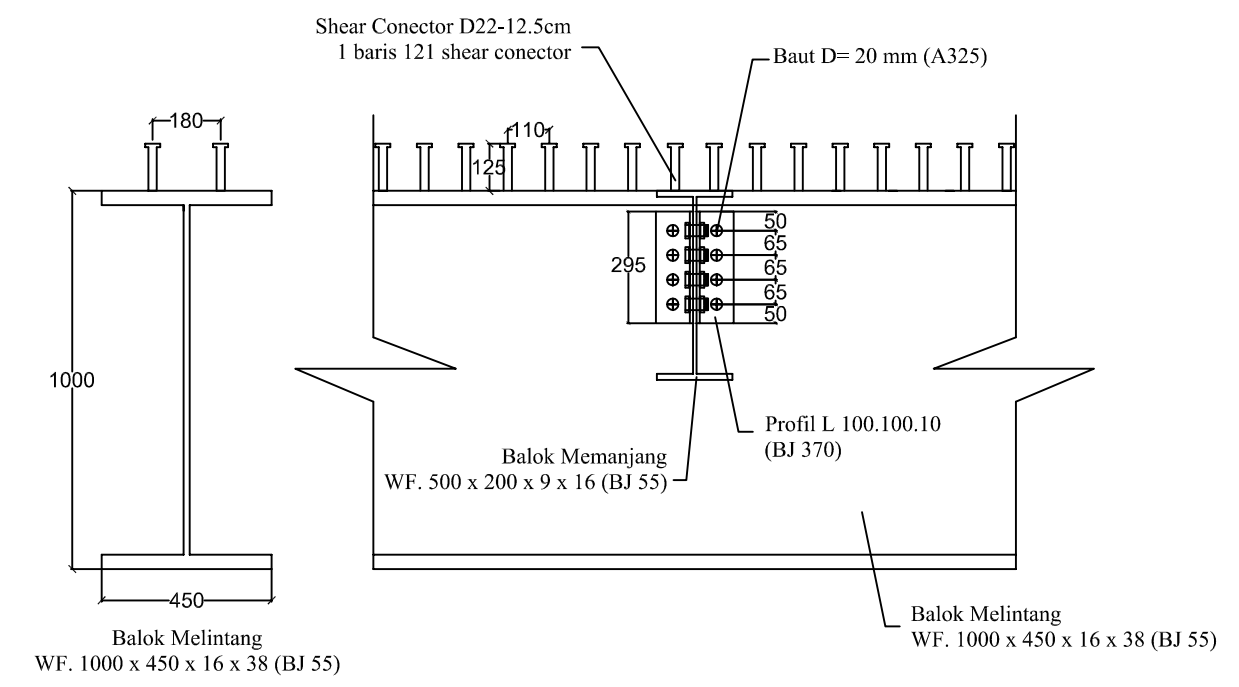
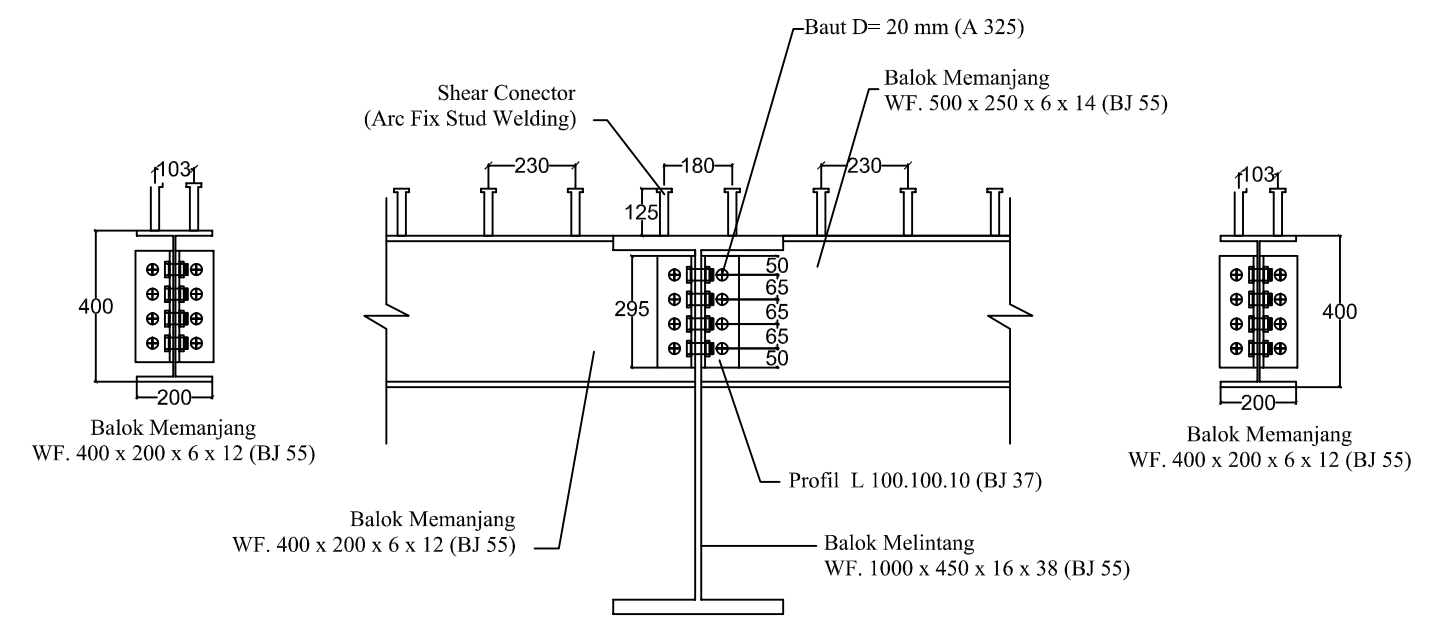
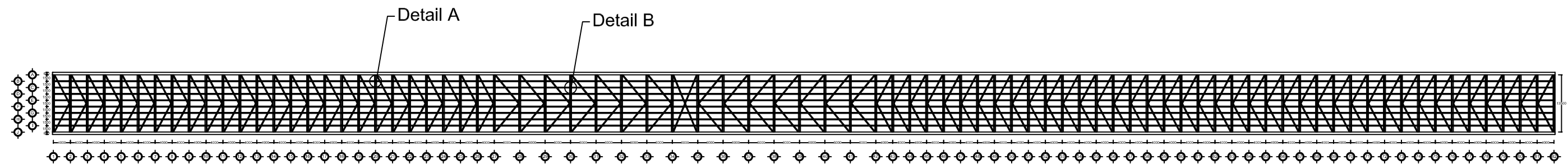
1:5
1:5

NOMOR

15

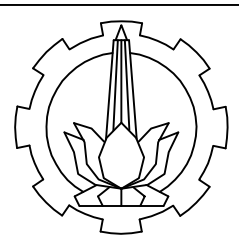
JUMLAH

56



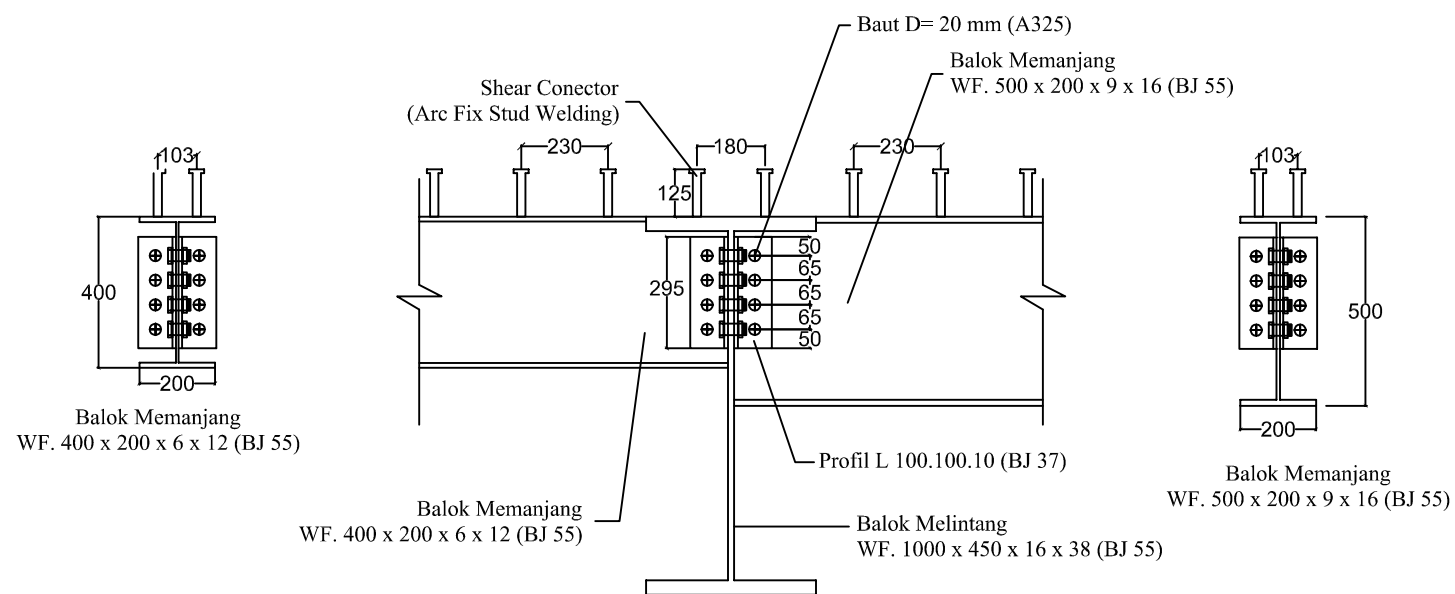
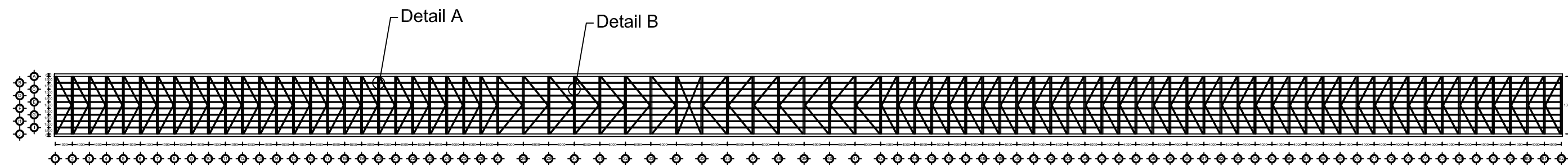
DETAIL A1
SKALA 1 : 20

DETAIL A2
SKALA 1 : 20

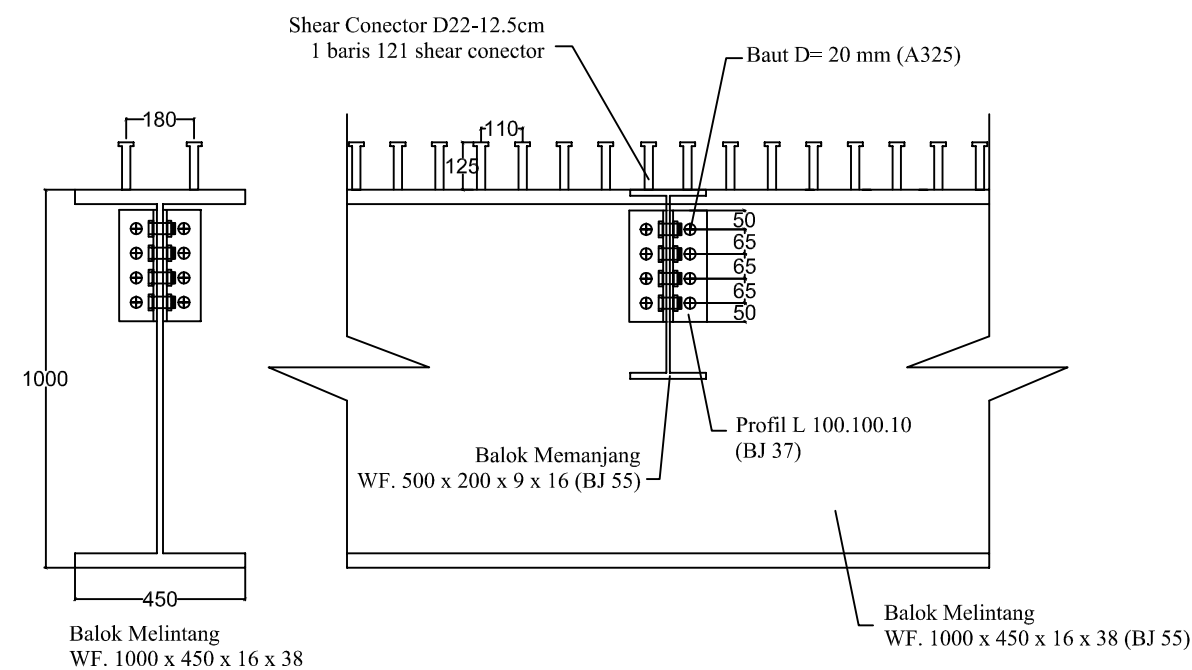


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL A1 DETAIL A2	1:20 1:20	16	56



DETAIL B1
SKALA 1 : 20



DETAIL B2
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

NAMA MAHASISWA

HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR

DETAIL B1
DETAIL B1

SKALA

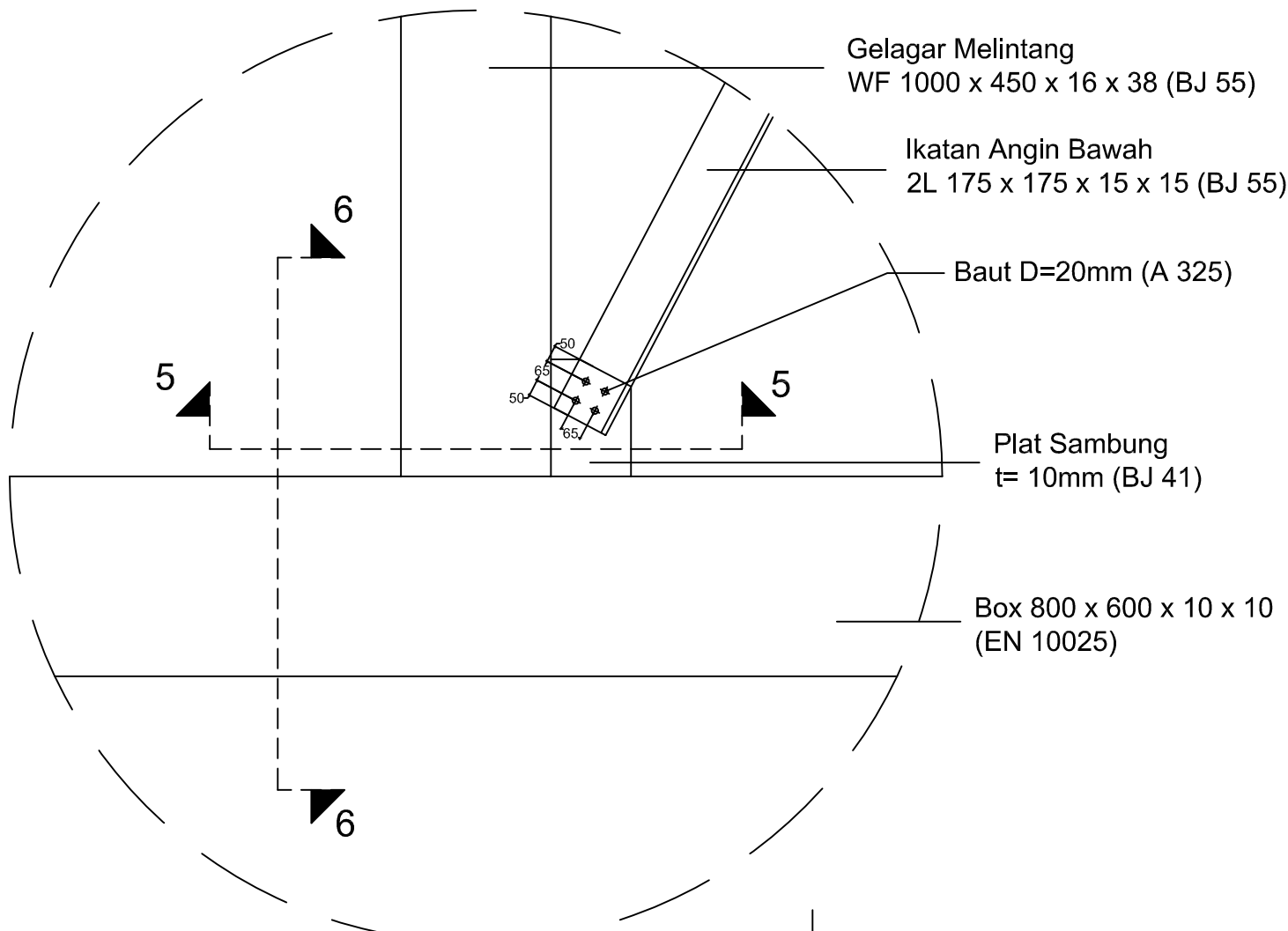
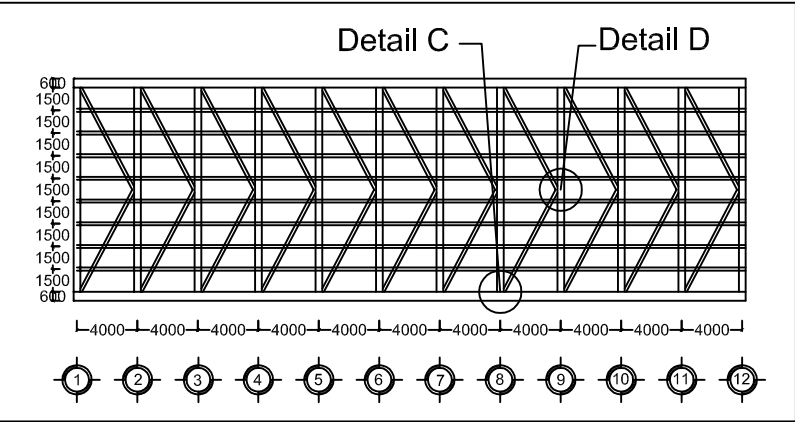
1:20
1:20

NOMOR

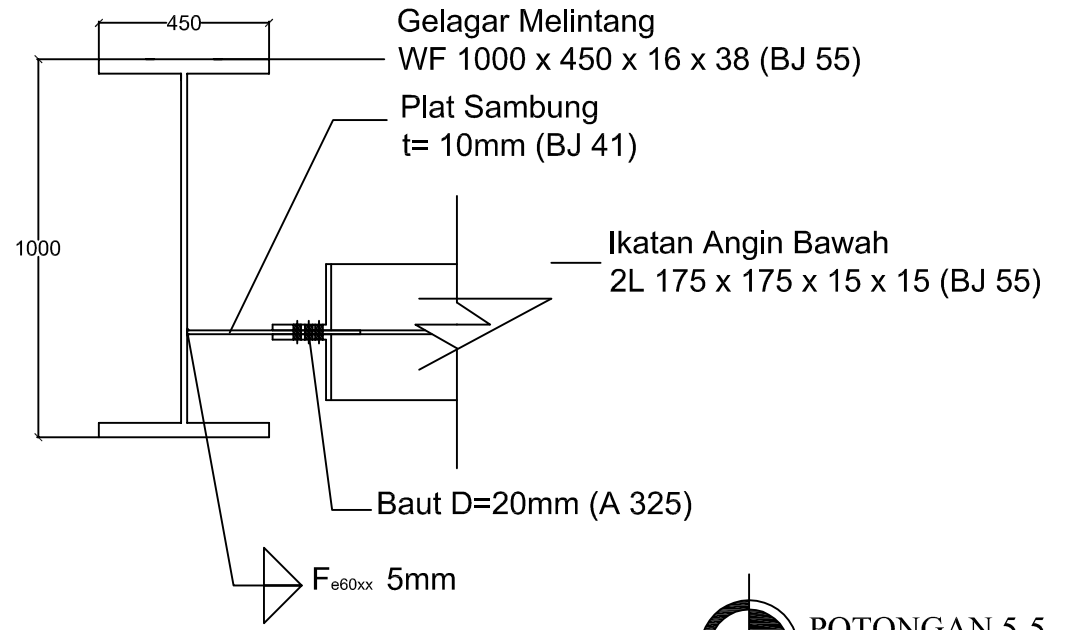
17

JUMLAH

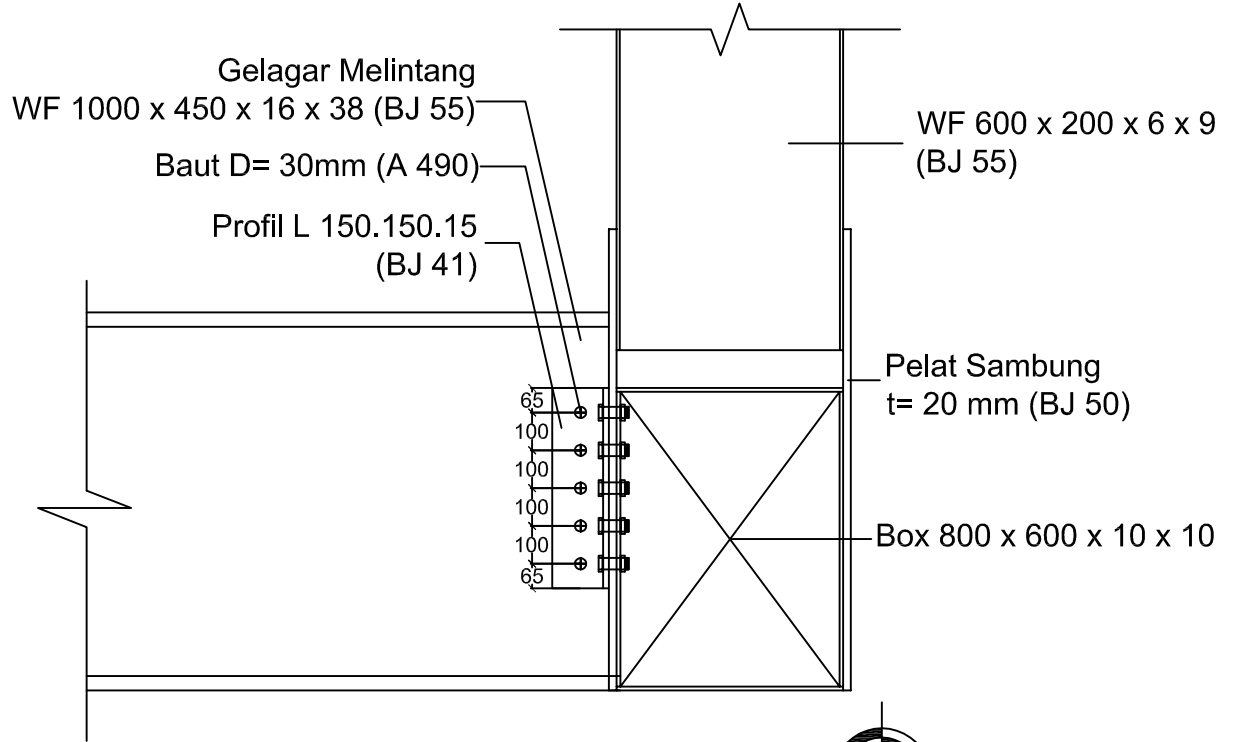
56



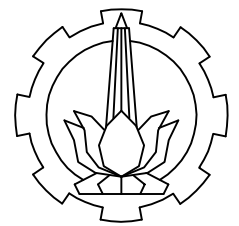
DETAIL C
SKALA 1 : 20



POTONGAN 5-5
SKALA 1 : 20

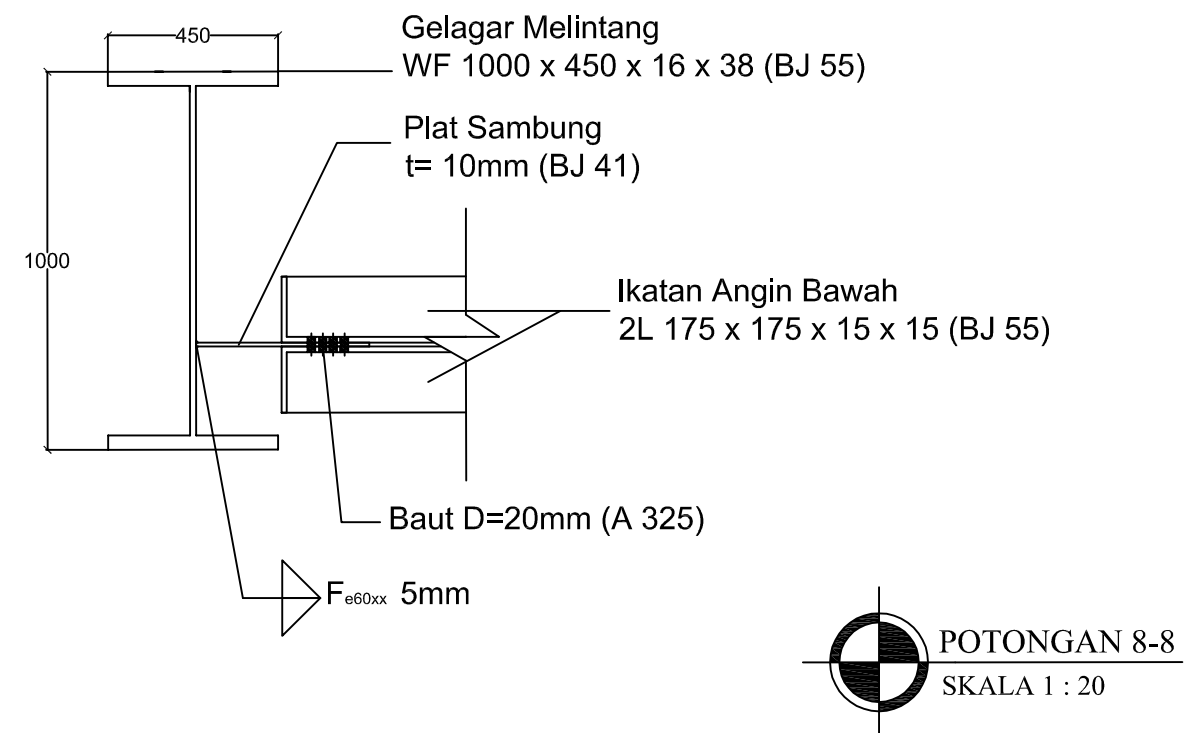
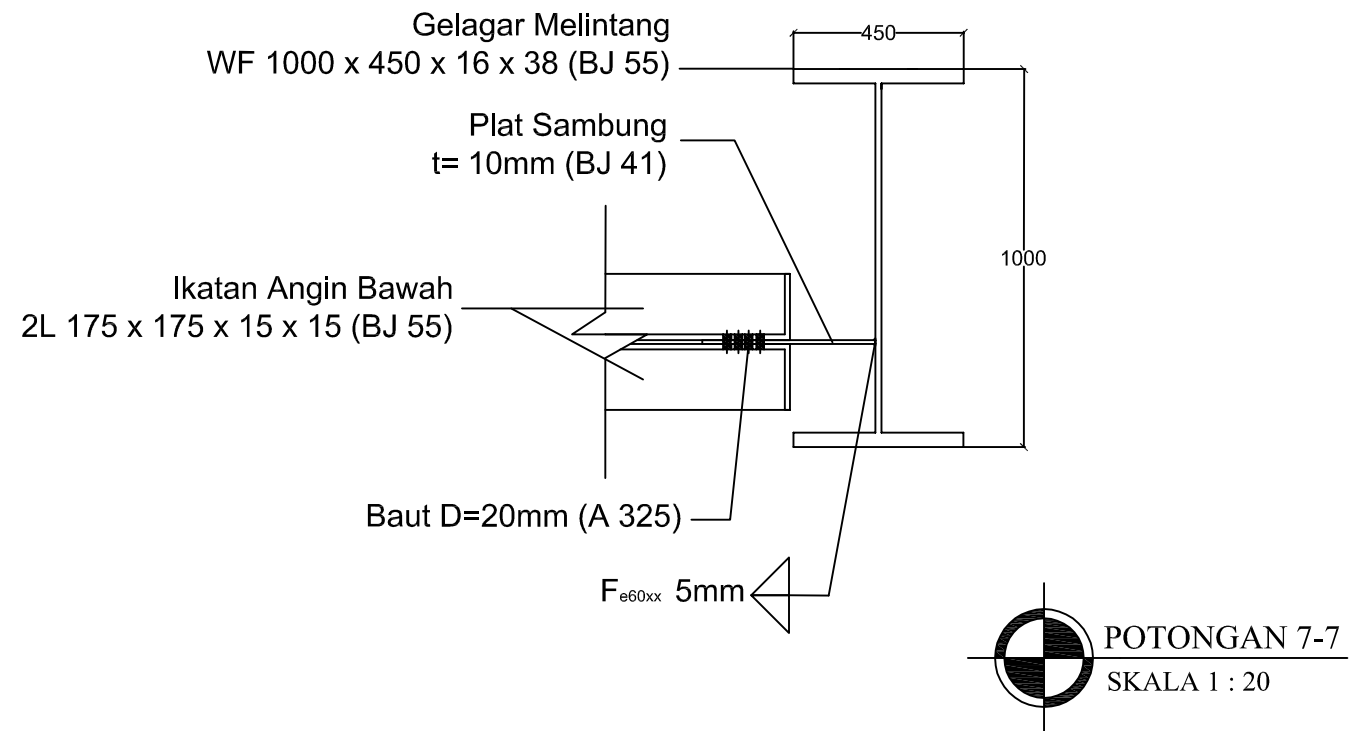
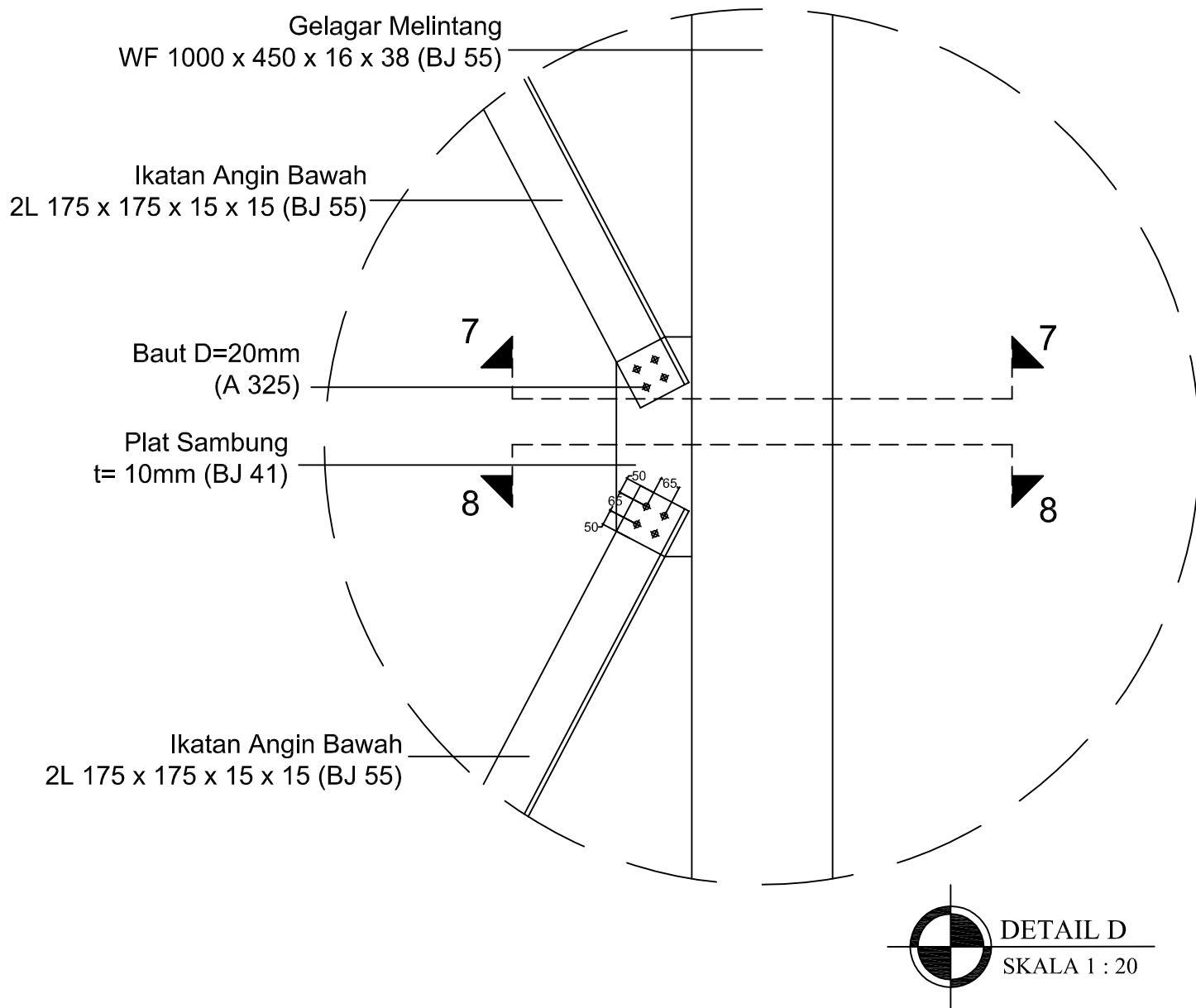
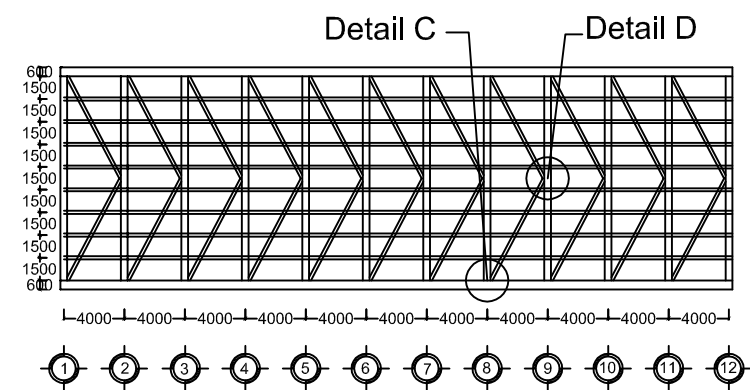


POTONGAN 6-6
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL C POTONGAN 5-5 POTONGAN 6-6	1:20 1:20 1:20	18	56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

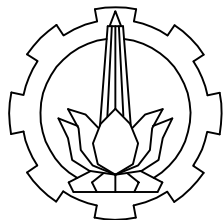
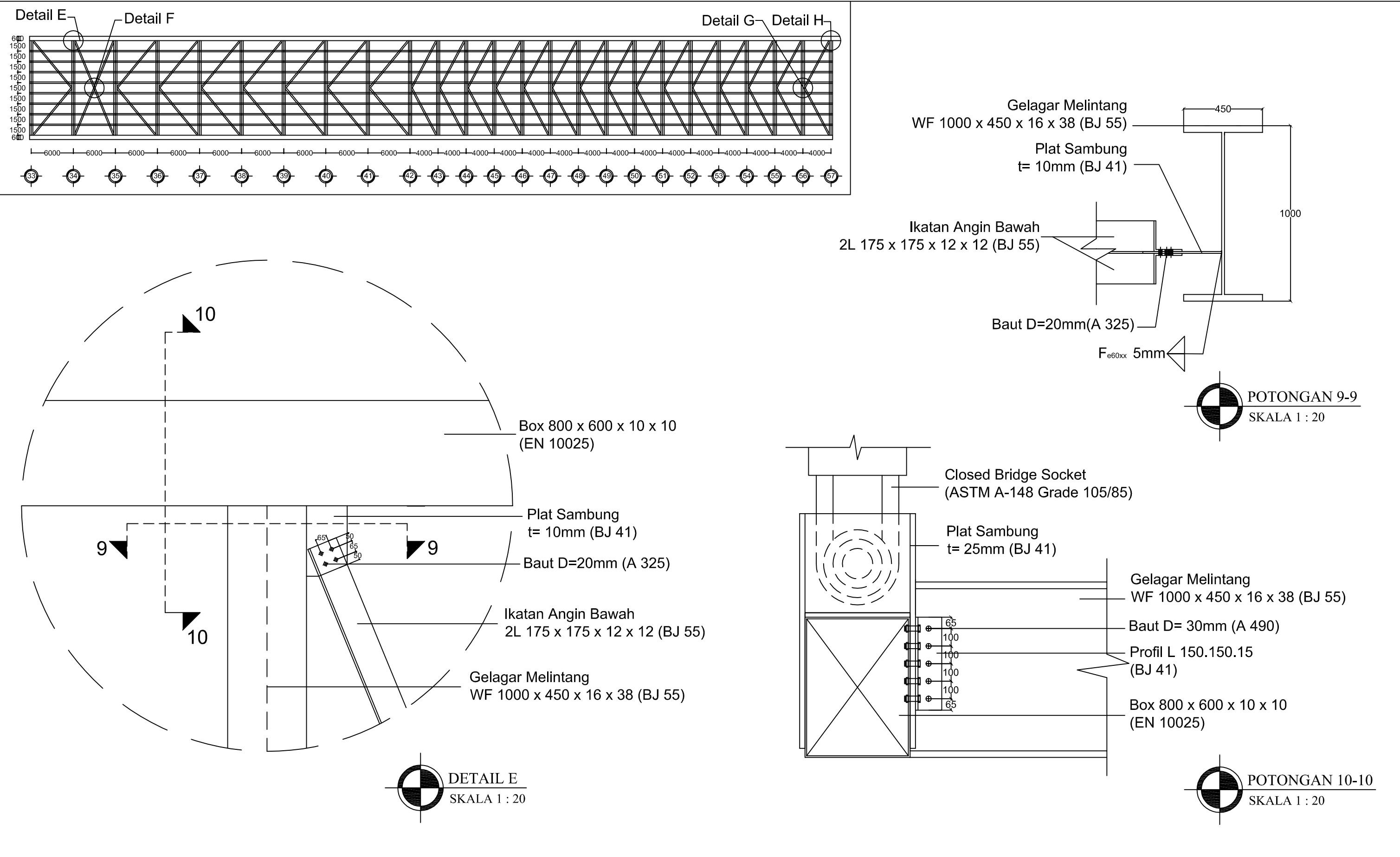
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
DETAIL D
POTONGAN 7-7
POTONGAN 8-8

SKALA
1:20
1:20
1:20

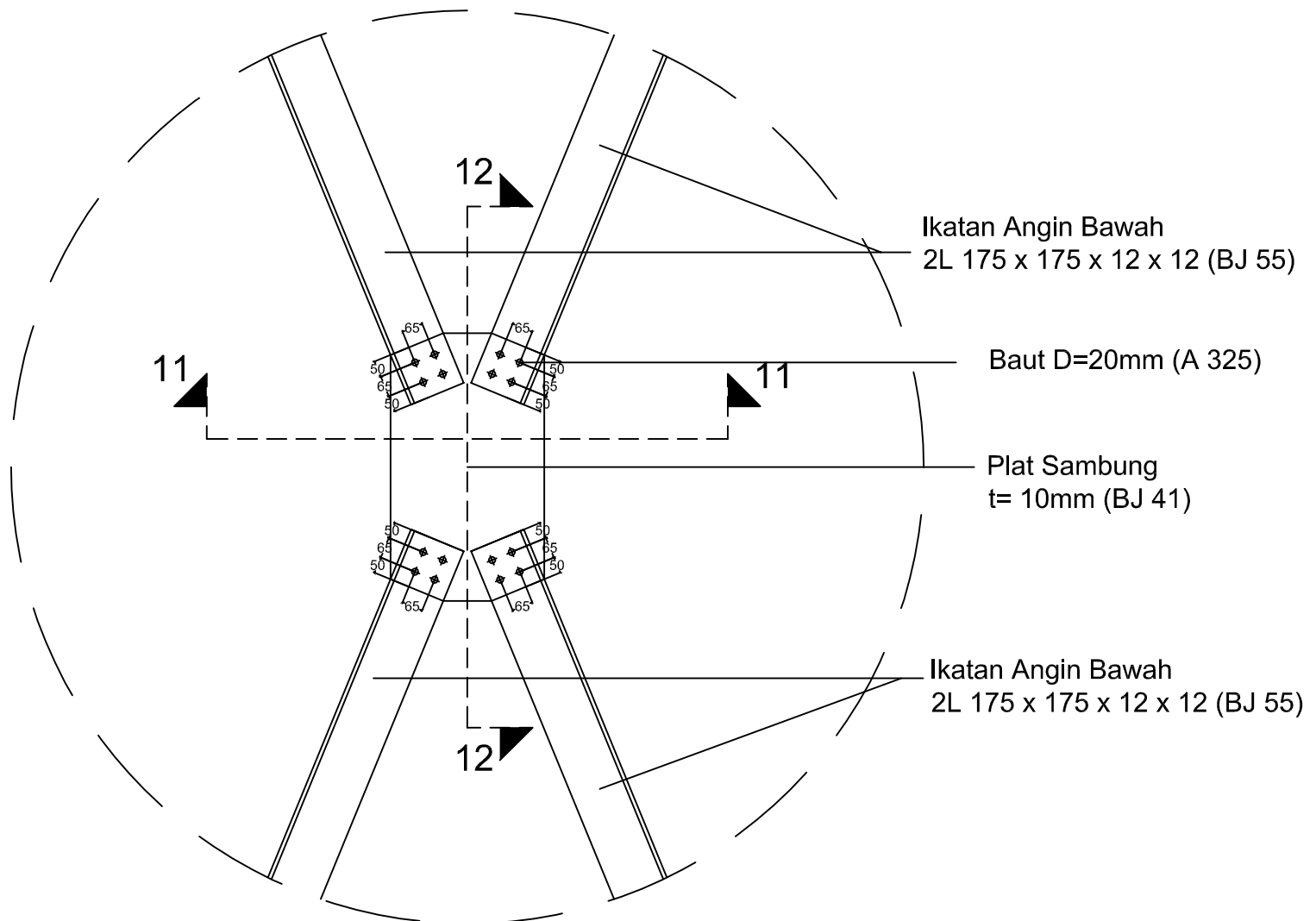
NOMOR
19

JUMLAH
56

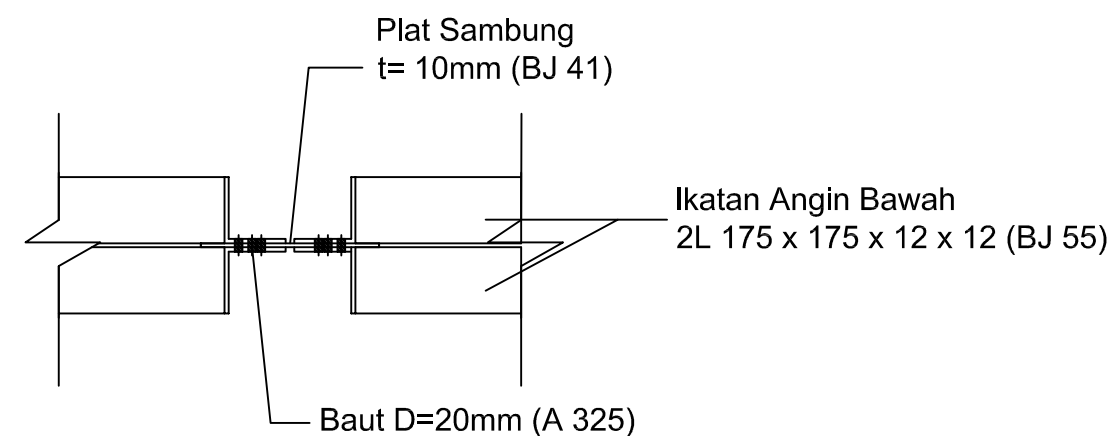


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

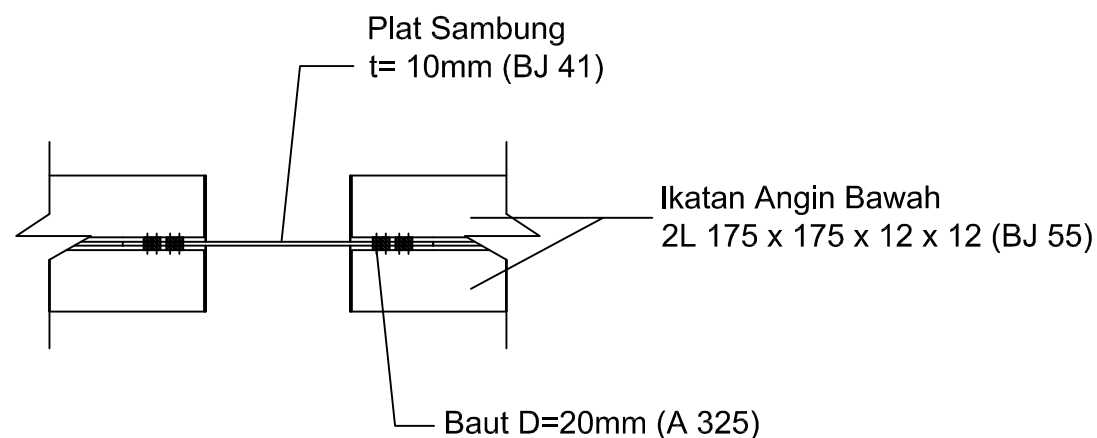
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL E POTONGAN 9-9 POTONGAN 10-10	1:20 1:20 1:20	20	56



DETAIL F
SKALA 1 : 20



 POTONGAN 11-11
SKALA 1 : 20



POTONGAN 12-12
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN 3113041048

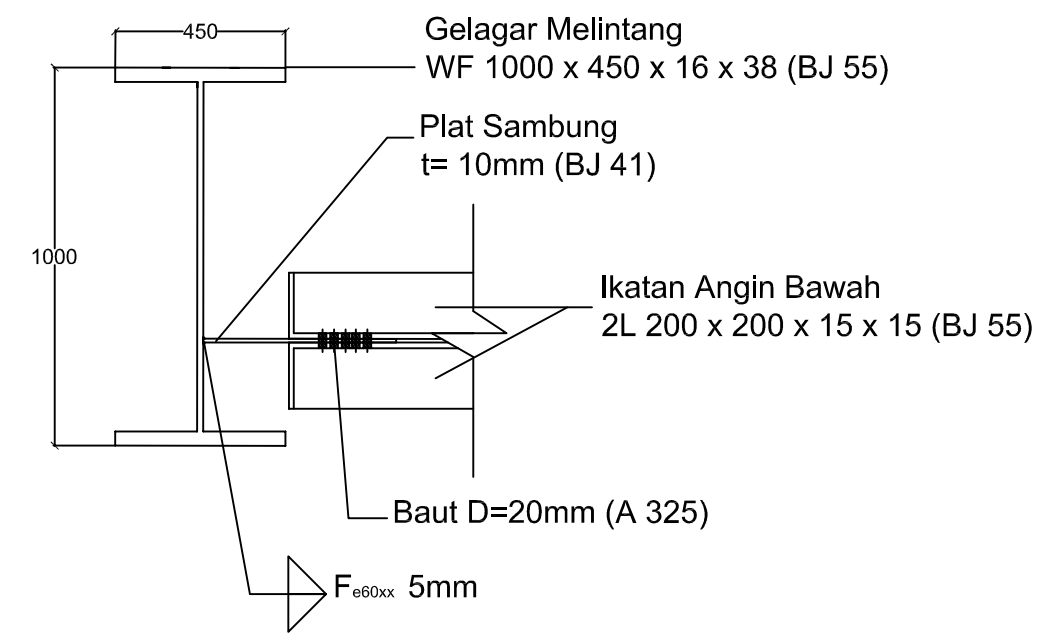
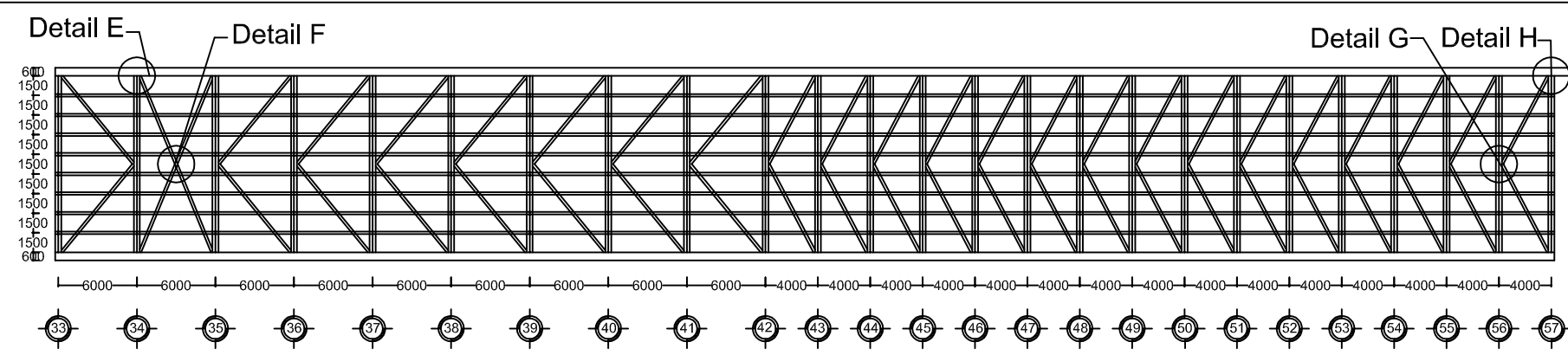
NAMA GAMBAR
<p>DETAIL F</p> <p>POTONGAN 11-11</p> <p>POTONGAN 12-12</p>

SKAL
1:20
1:20
1:20

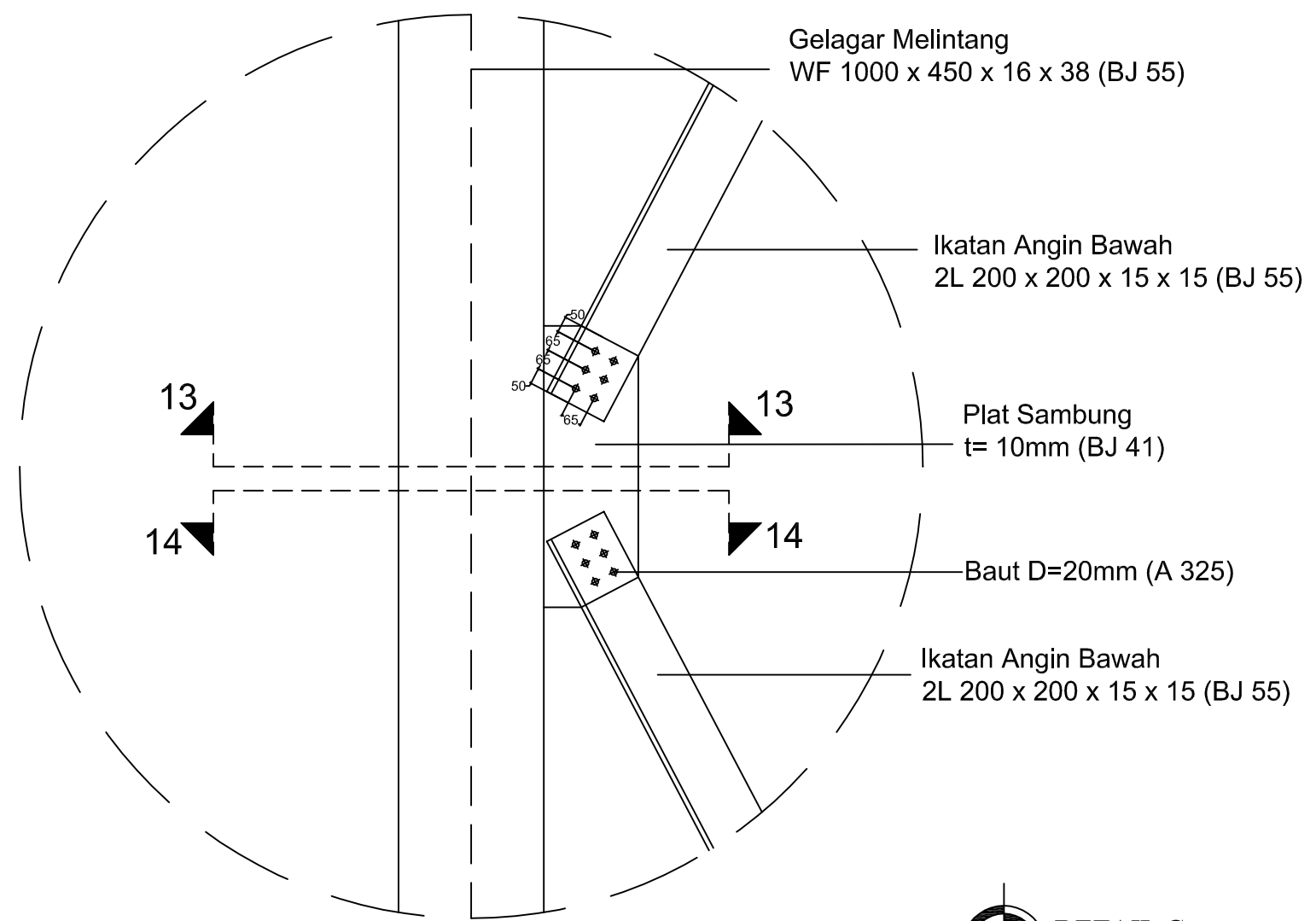
NOMOR
21

JUMLAH

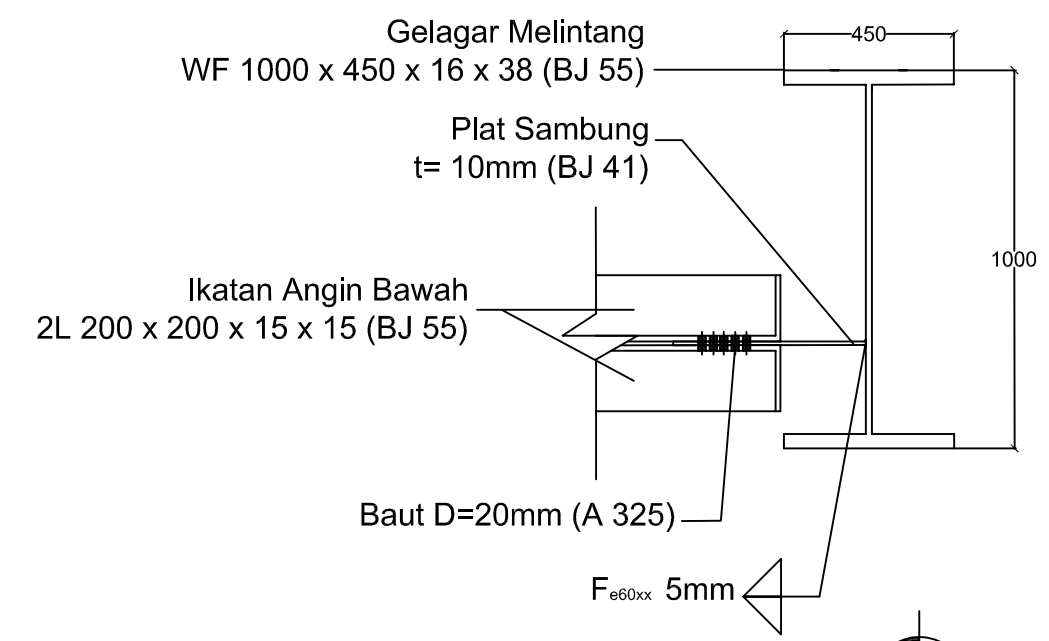
56



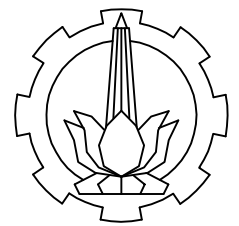
POTONGAN 13-13
SKALA 1 : 20



DETAIL G
SKALA 1 : 20

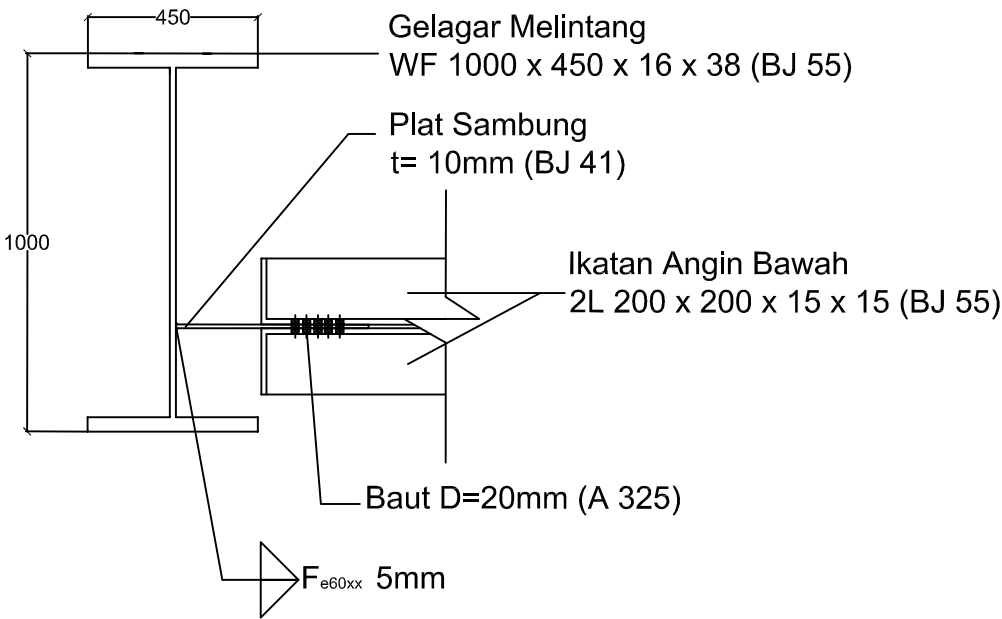
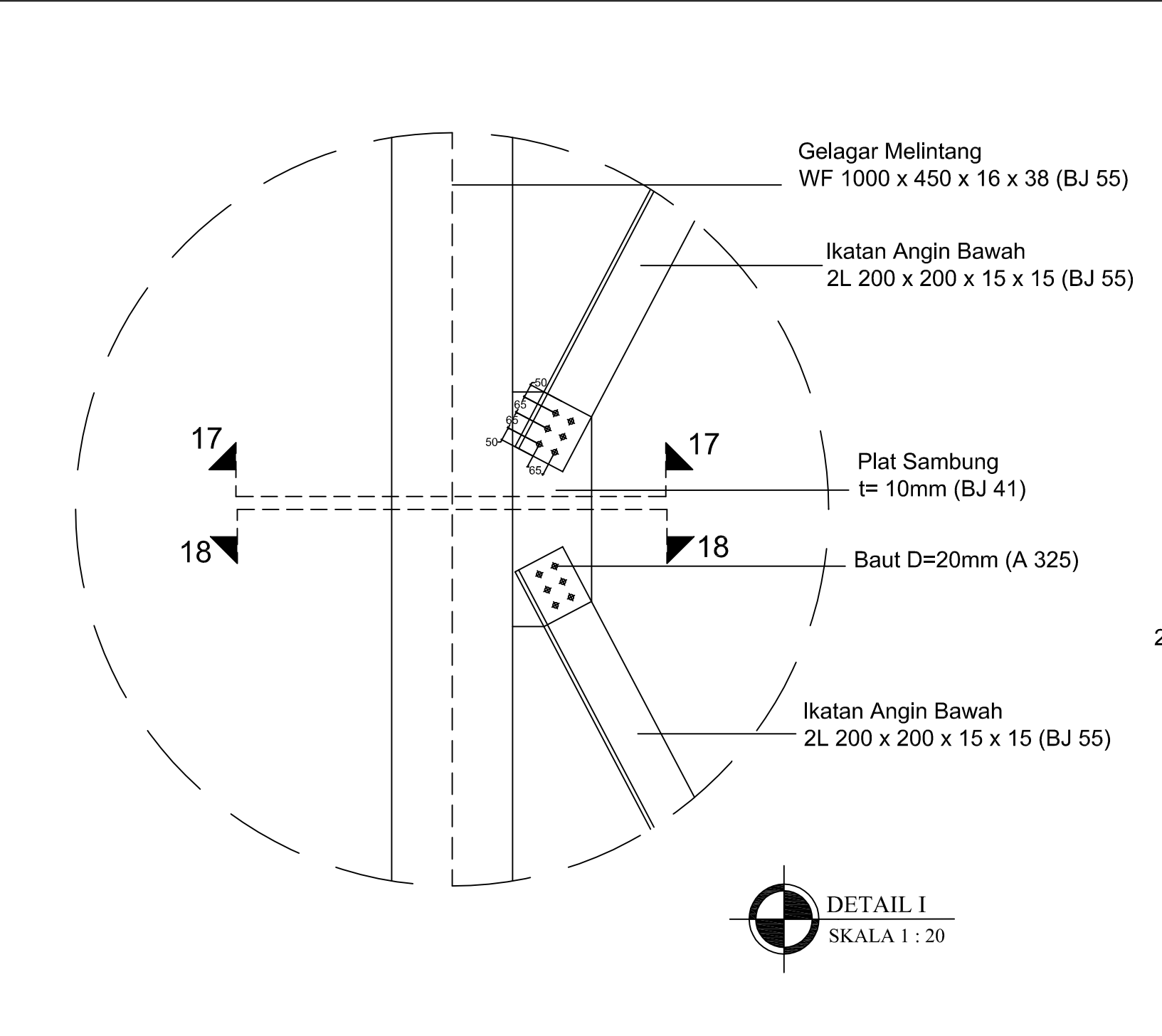
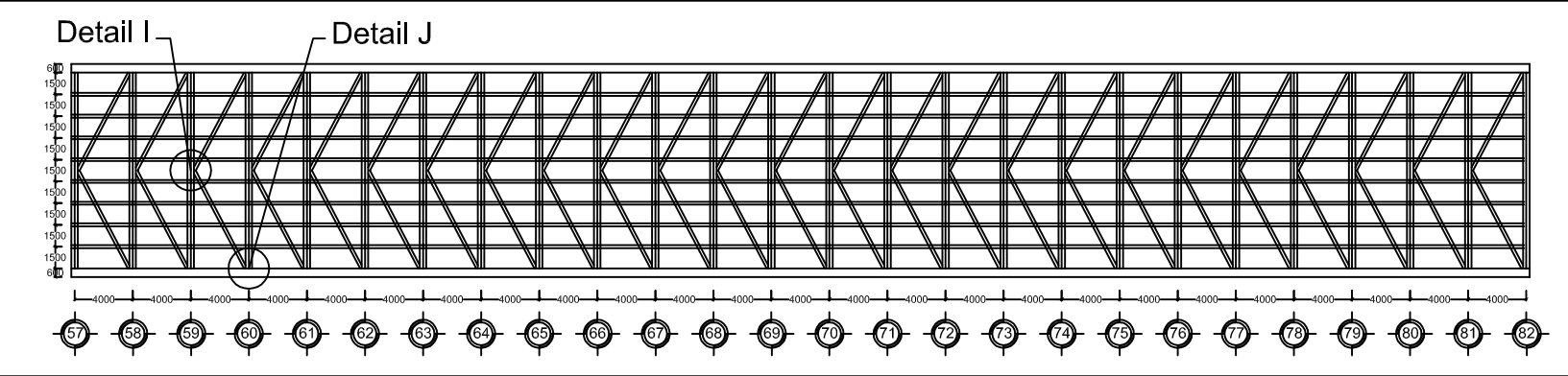


POTONGAN 14-14
SKALA 1 : 20

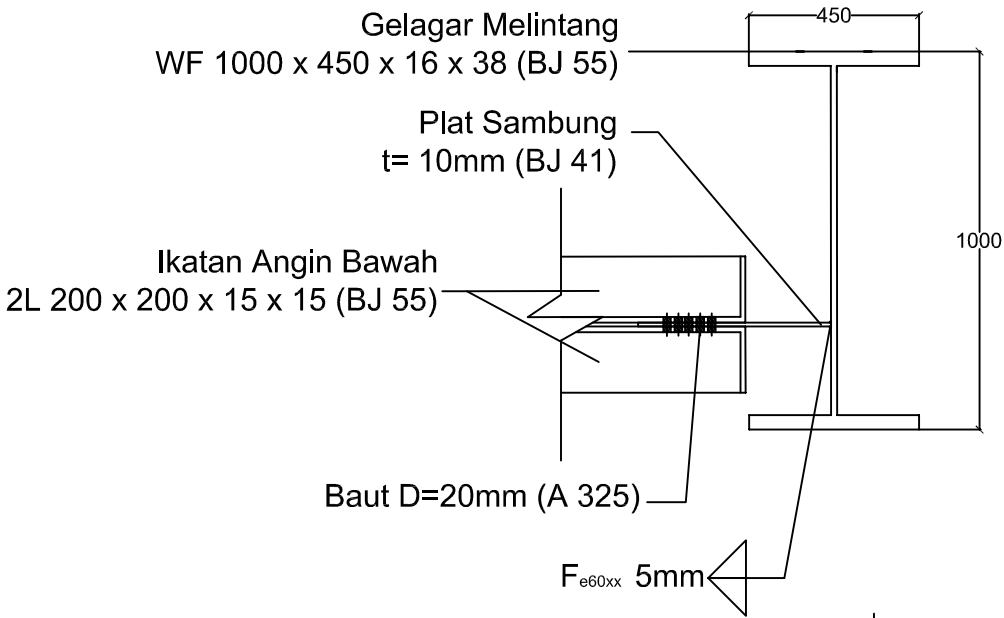


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

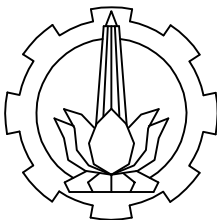
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL G POTONGAN 13-13 POTONGAN 14-14	1:20 1:20 1:20	22	56



POTONGAN 17-17
SKALA 1 : 20

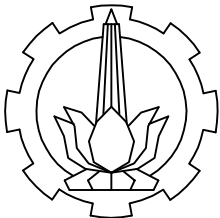
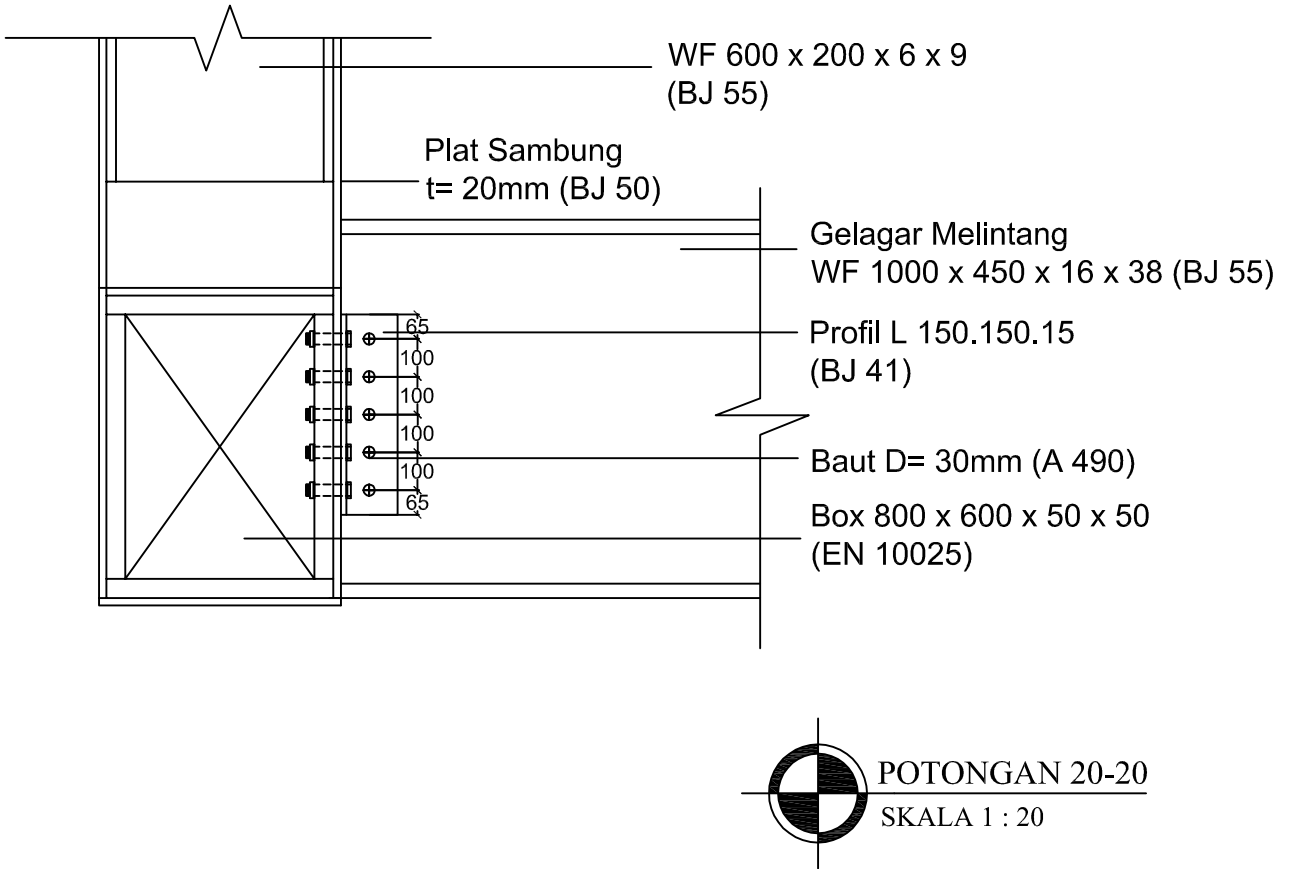
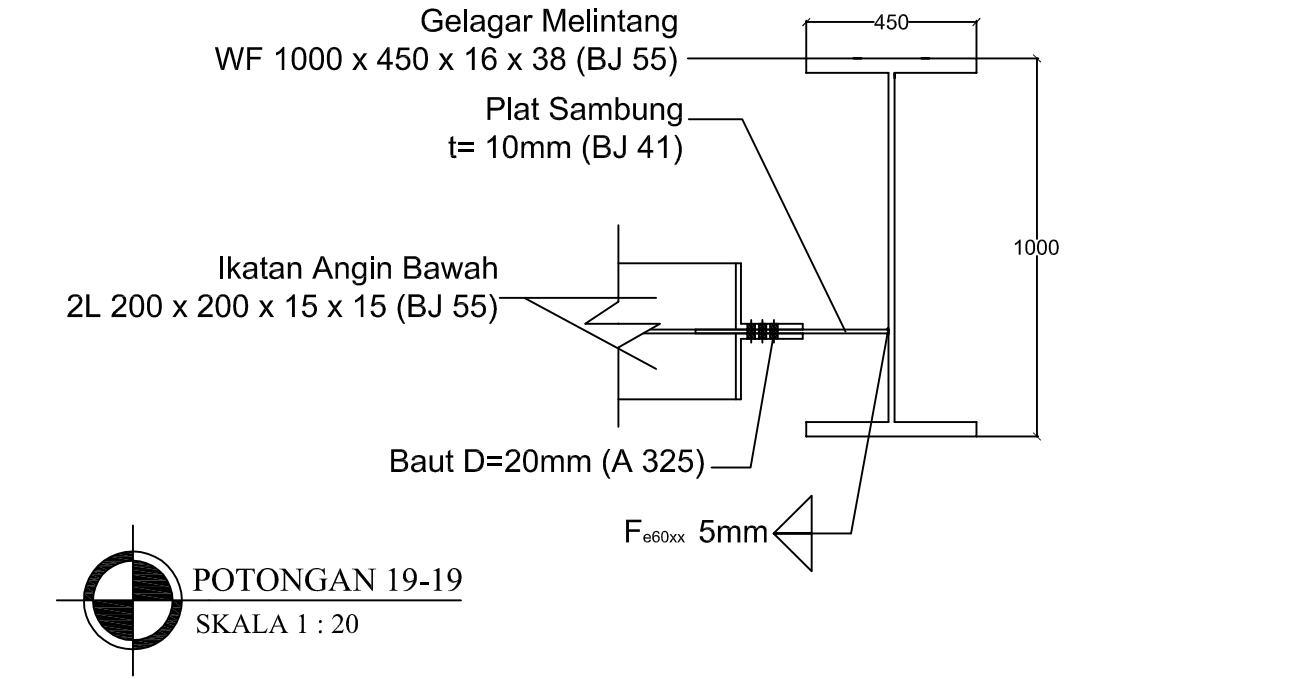
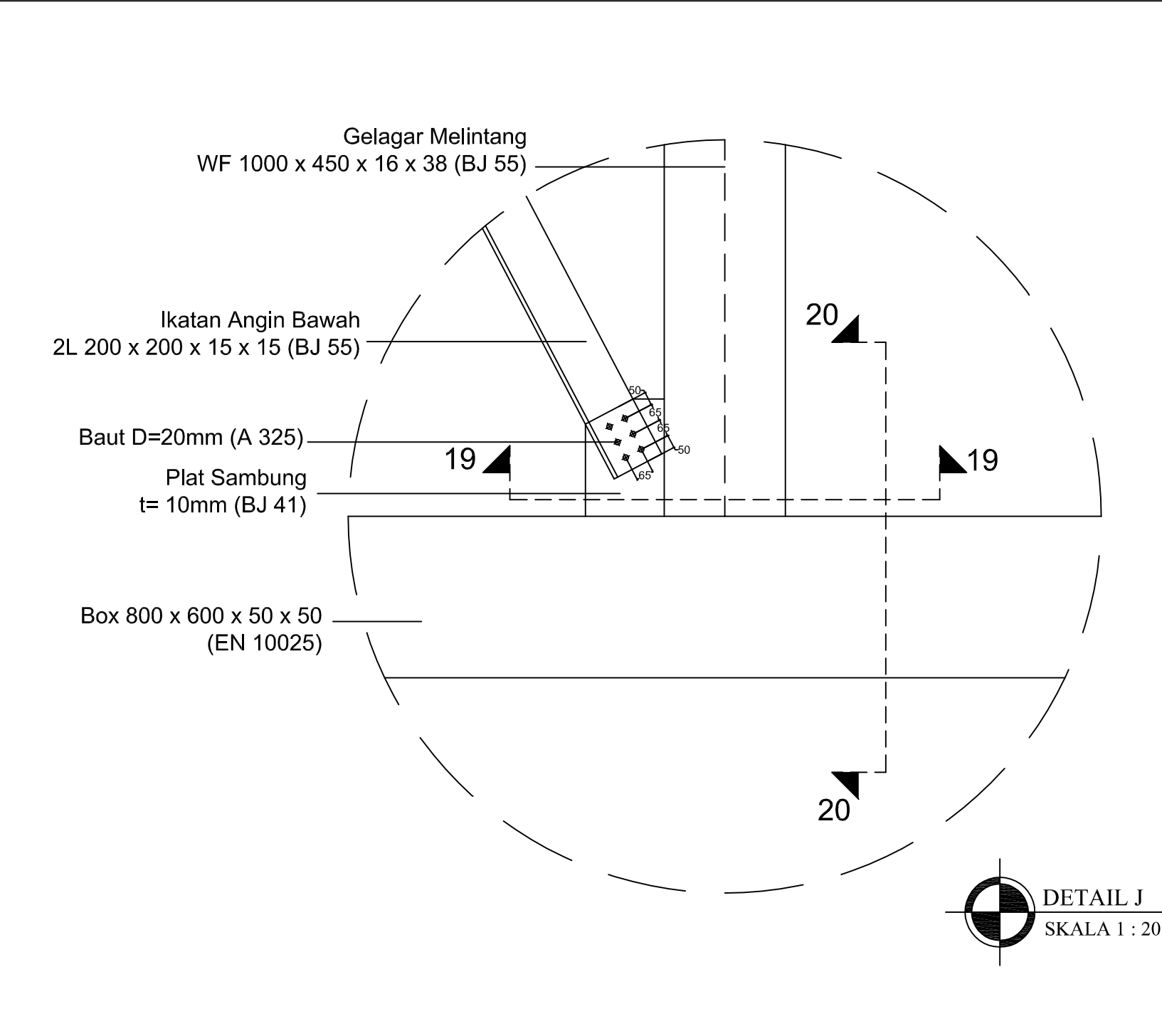
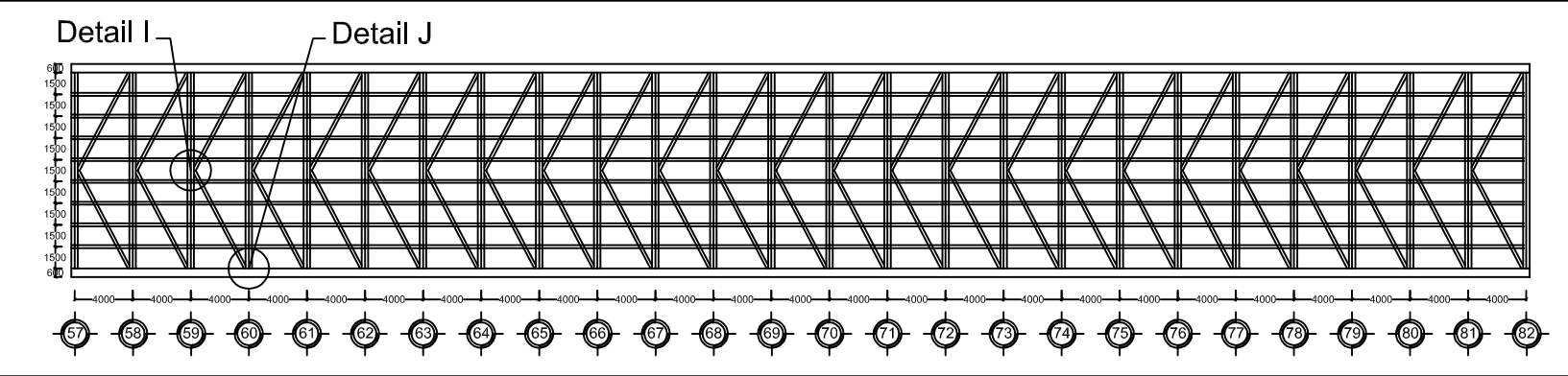


POTONGAN 18-18
SKALA 1 : 20



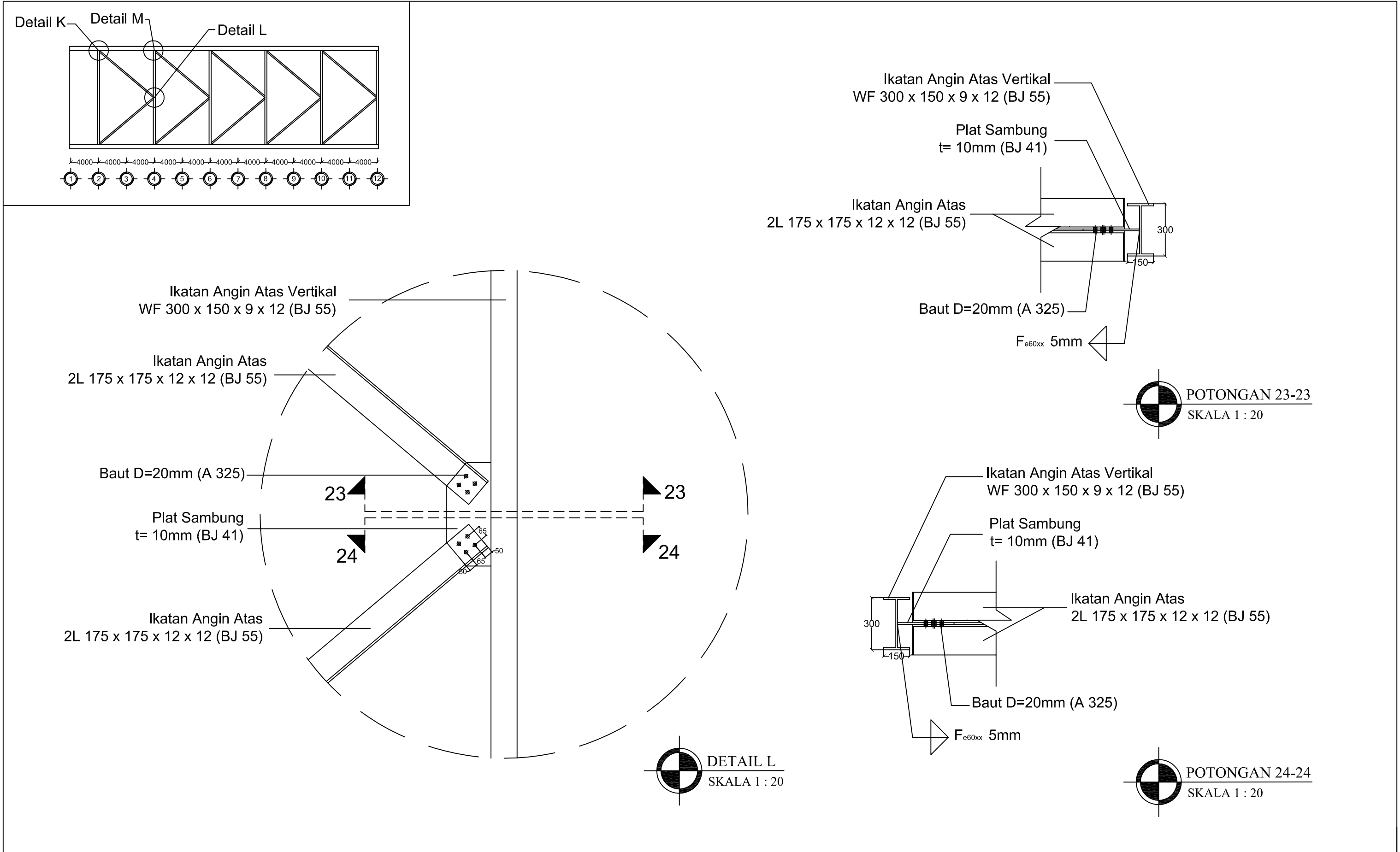
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

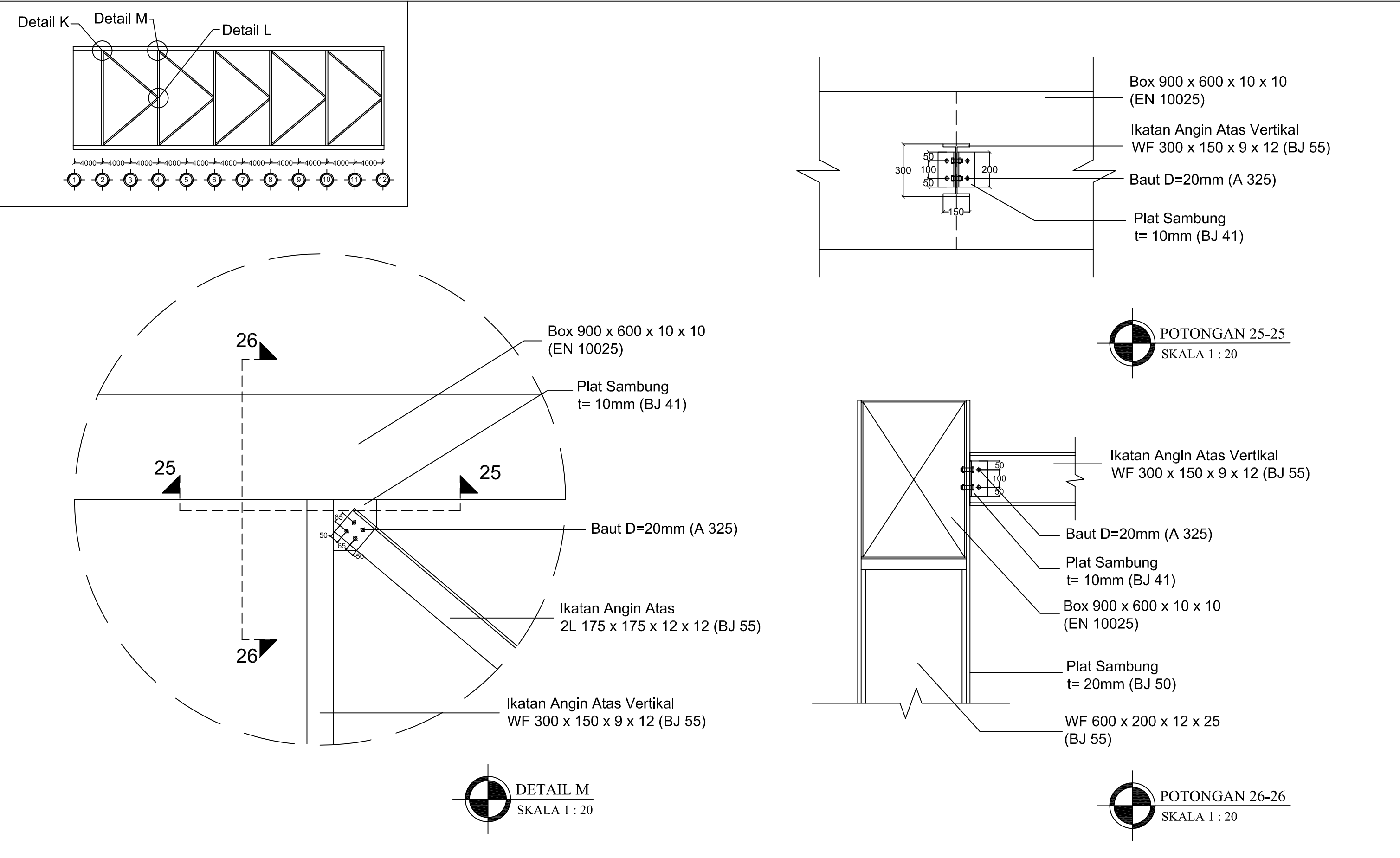
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL I POTONGAN 17-17 POTONGAN 18-18	1:20 1:20 1:20	24	56




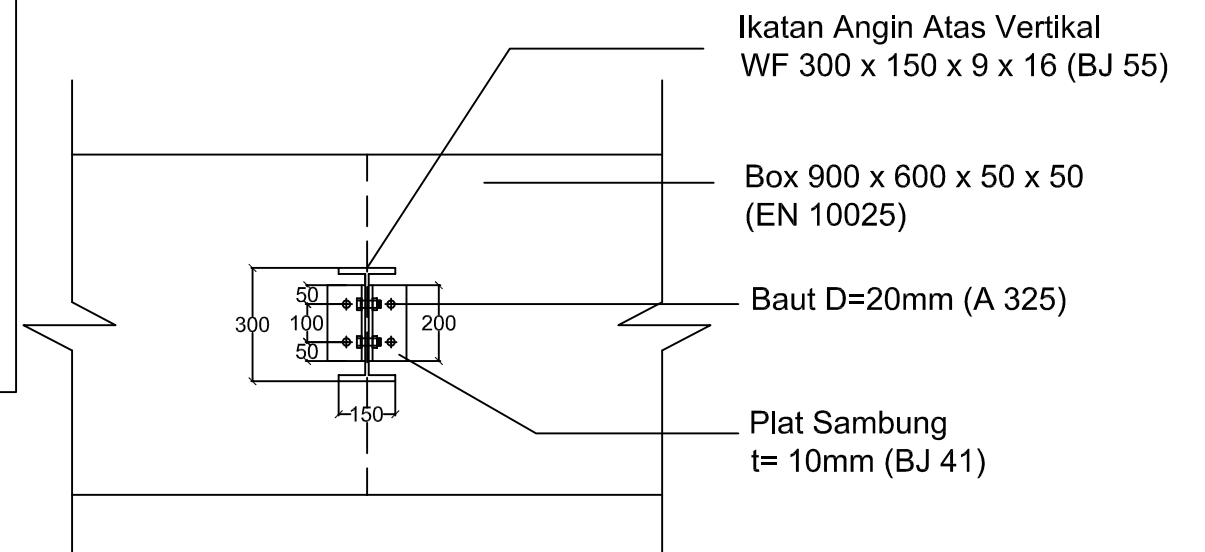
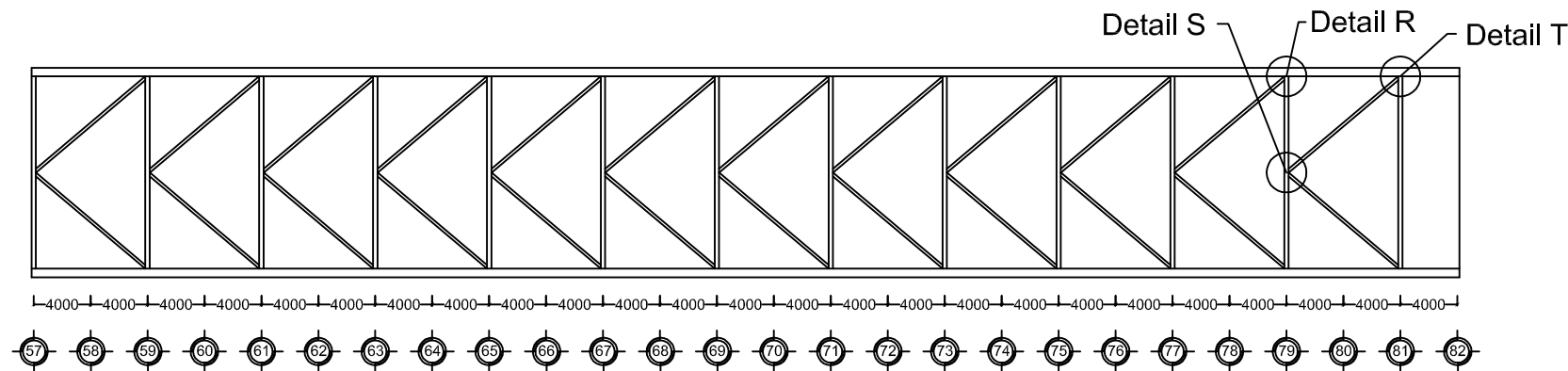
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL J POTONGAN 19-19 POTONGAN 20-20	1:20 1:20 1:20	25	56

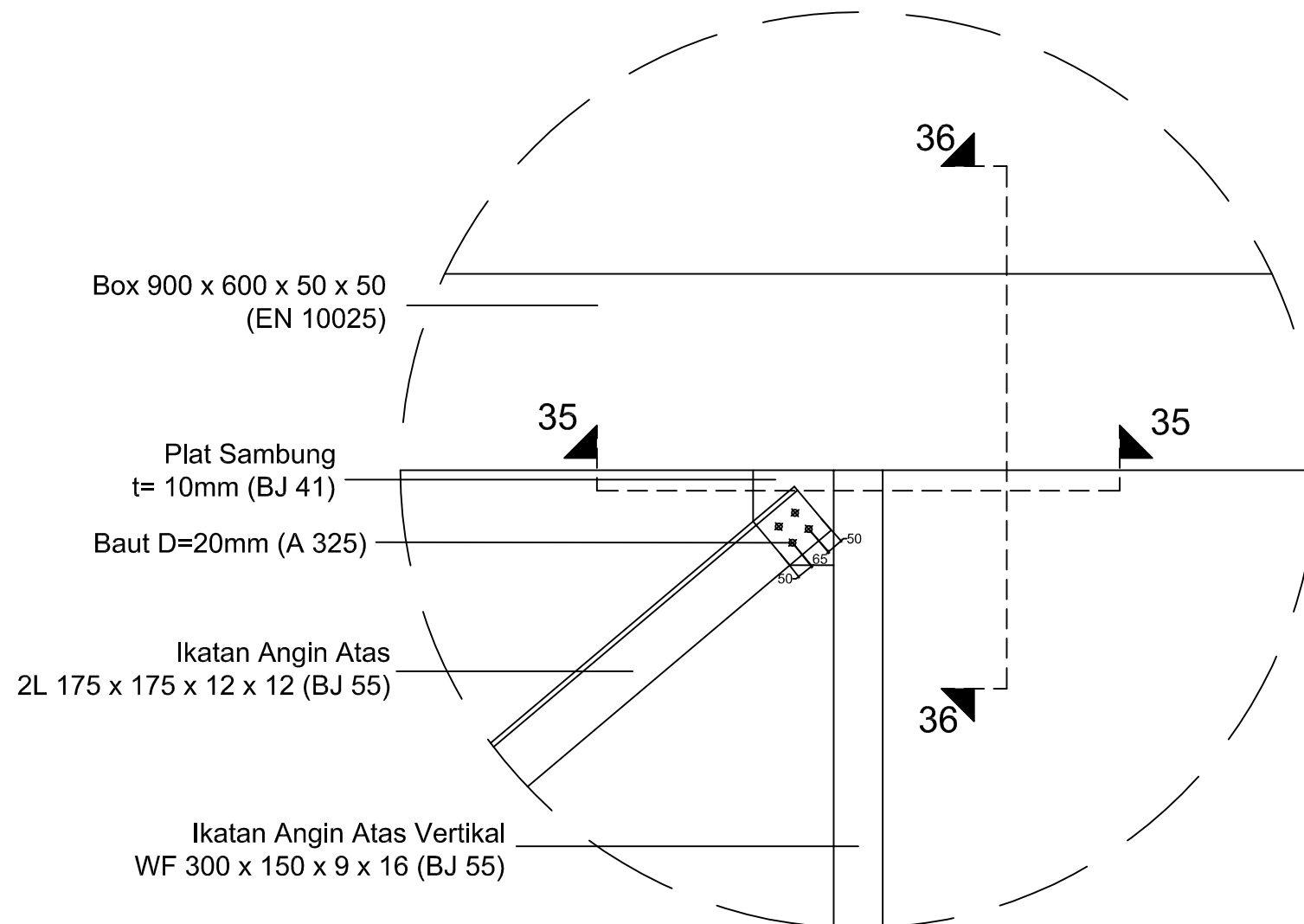




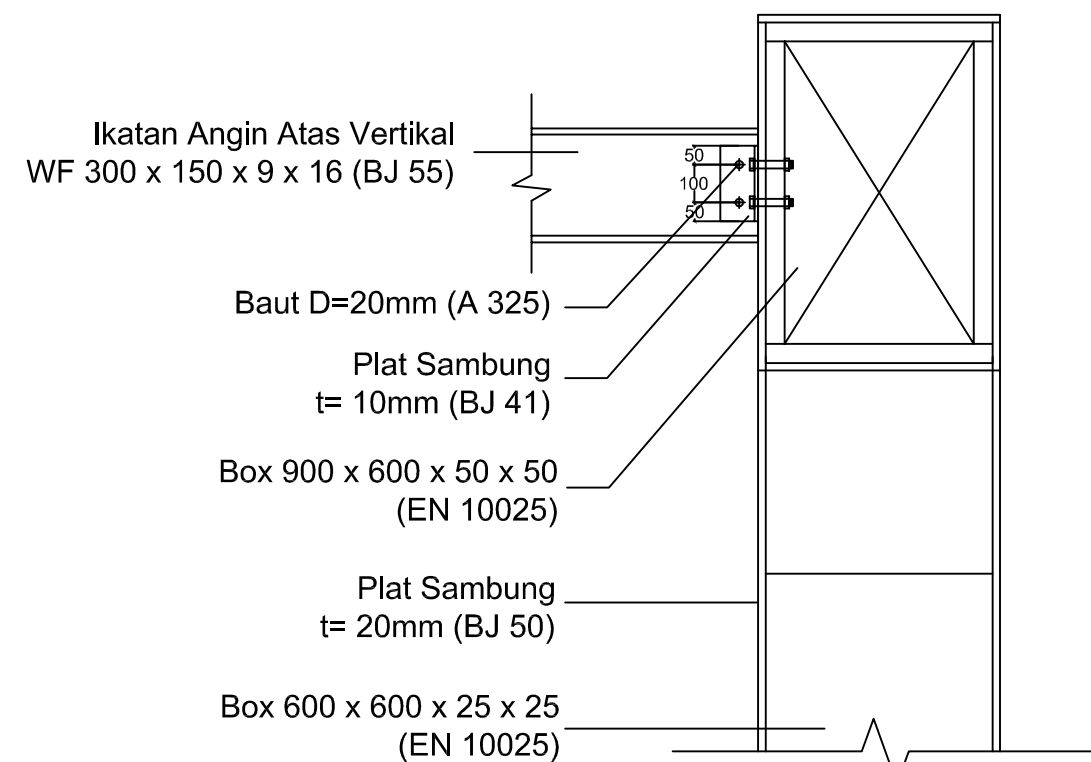
	<p>PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
		TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL Q POTONGAN 33-33 POTONGAN 34-34	1:20 1:20 1:20	32	56



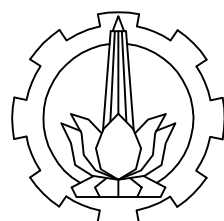
 **POTONGAN 35-35**
SKALA 1 : 20



 **DETAIL R**
SKALA 1 : 20



 **POTONGAN 36-36**
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

NAMA GAMBAR

SKALA

NOMOR

JUMLAH

TUGAS AKHIR TERAPAN

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

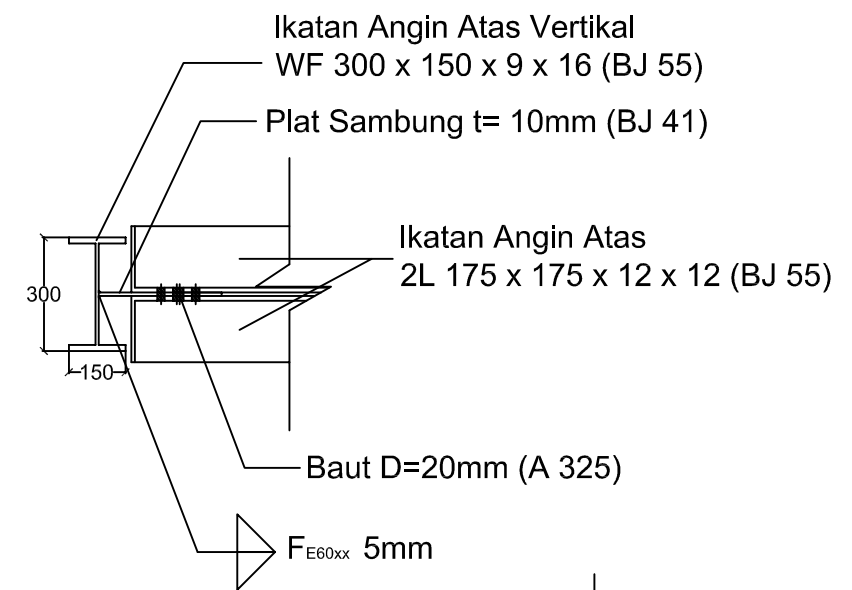
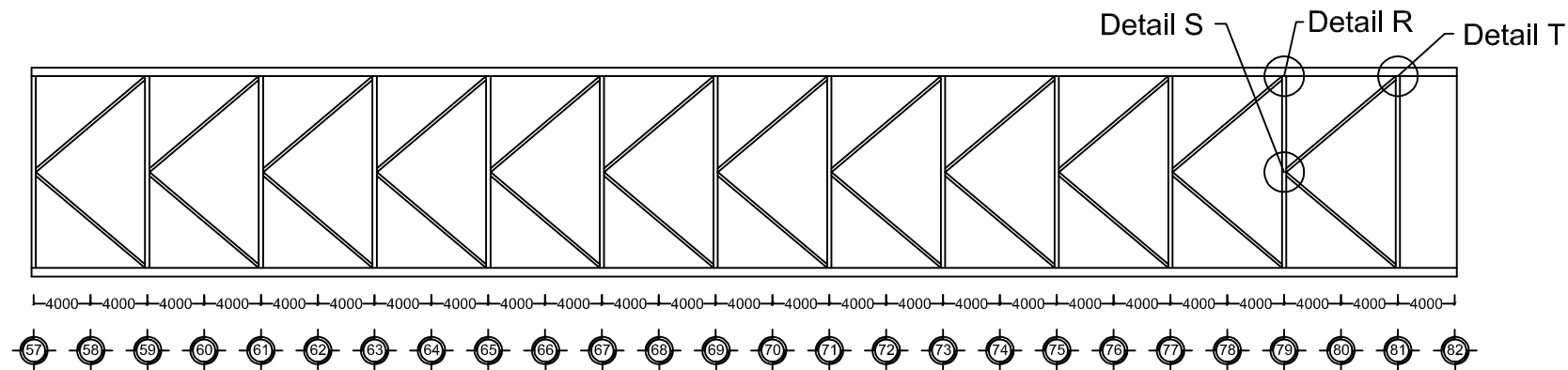
HENDRA DARMAWAN
3113041048

DETAIL R
POTONGAN 35-35
POTONGAN 36-36

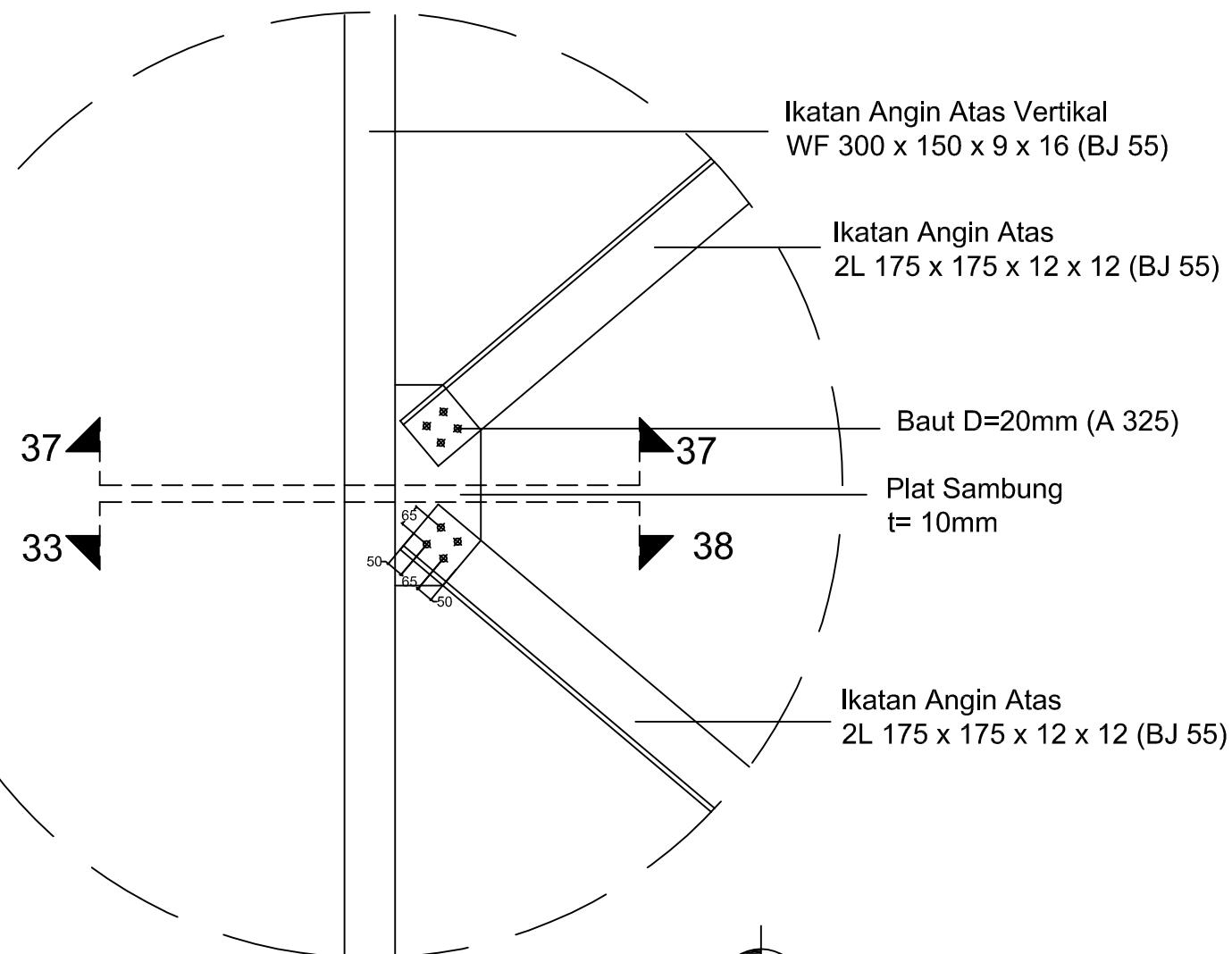
1:20
1:20
1:20

33

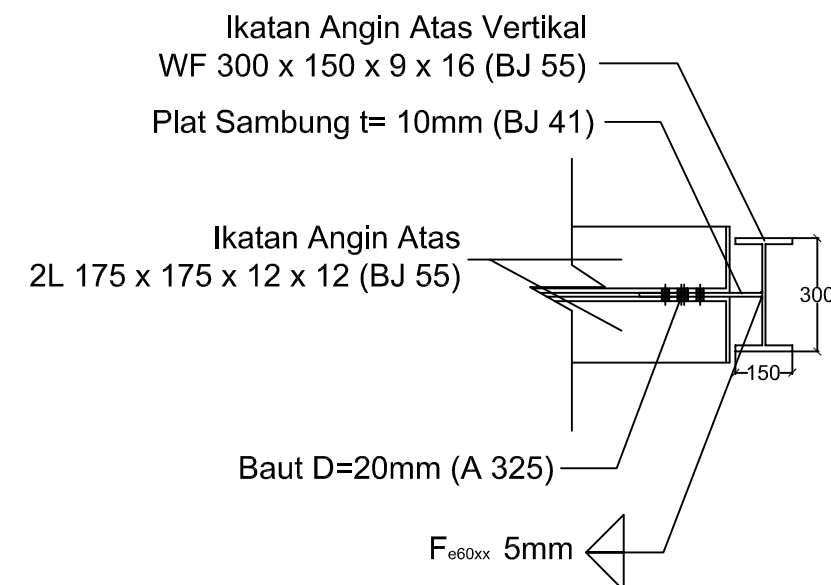
56



 **POTONGAN 37-37**
SKALA 1 : 20



 **DETAIL S**
SKALA 1 : 20



 **POTONGAN 38-38**
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

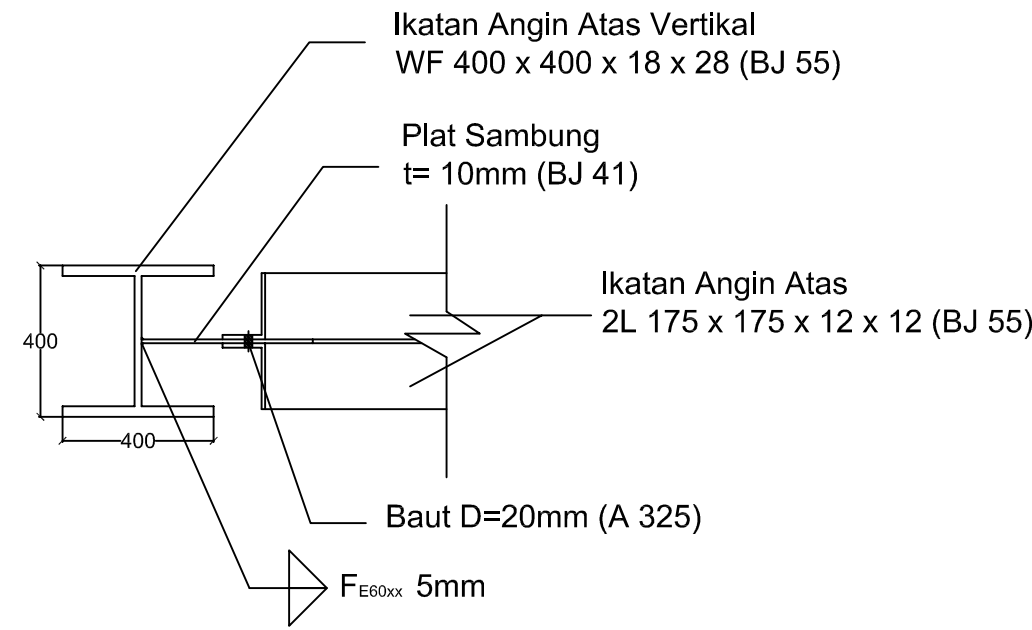
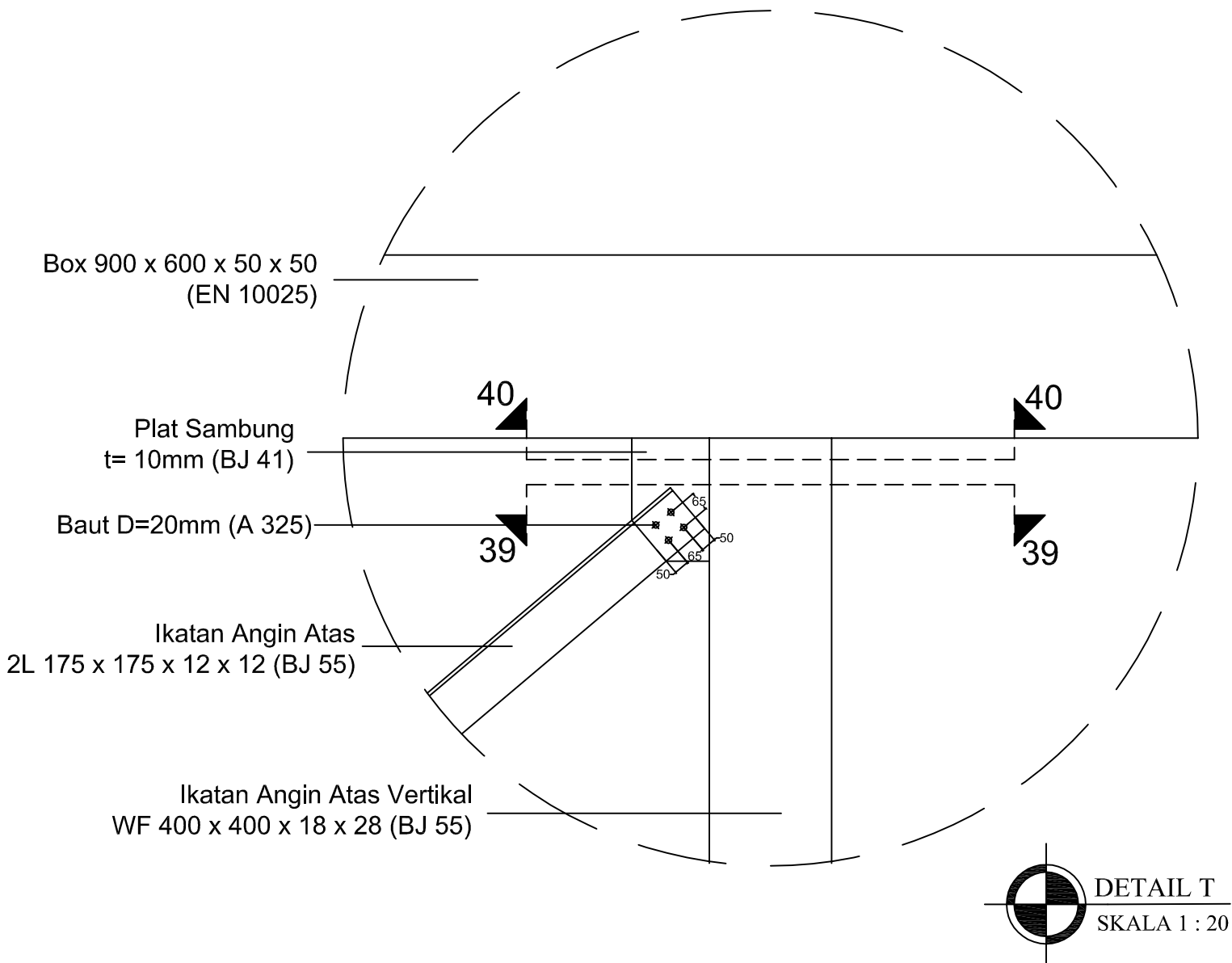
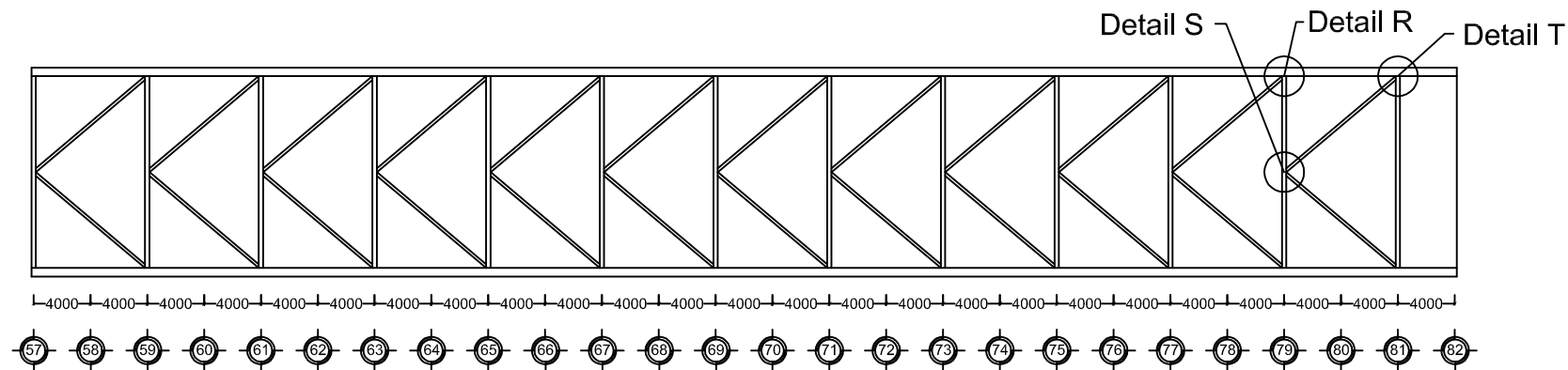
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
DETAIL S
POTONGAN 37-37
POTONGAN 38-38

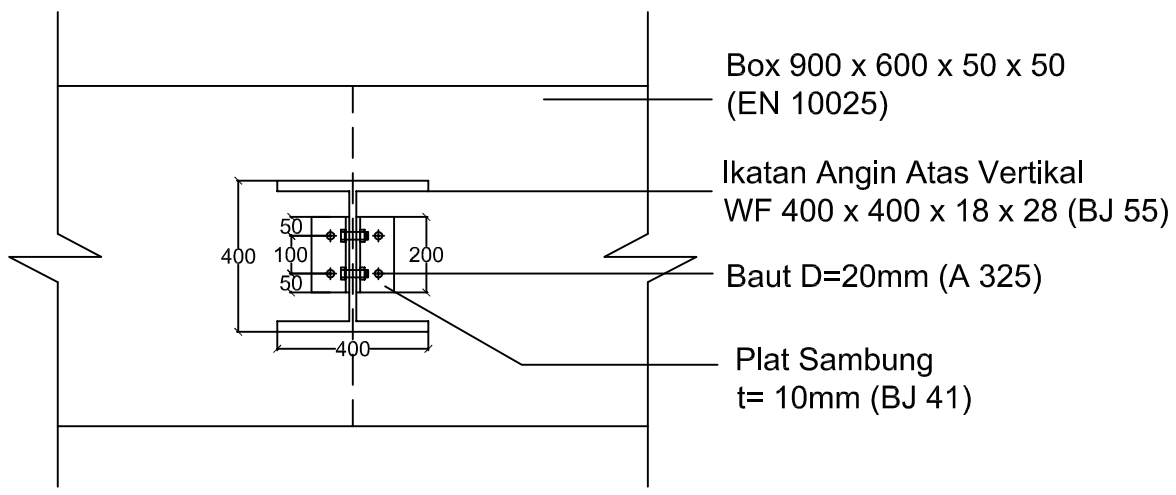
SKALA
1:20
1:20
1:20

NOMOR
34

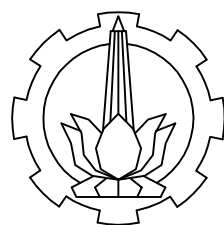
JUMLAH
56



POTONGAN 39-39
SKALA 1 : 20

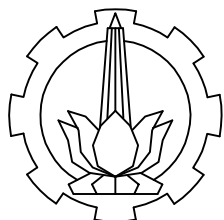
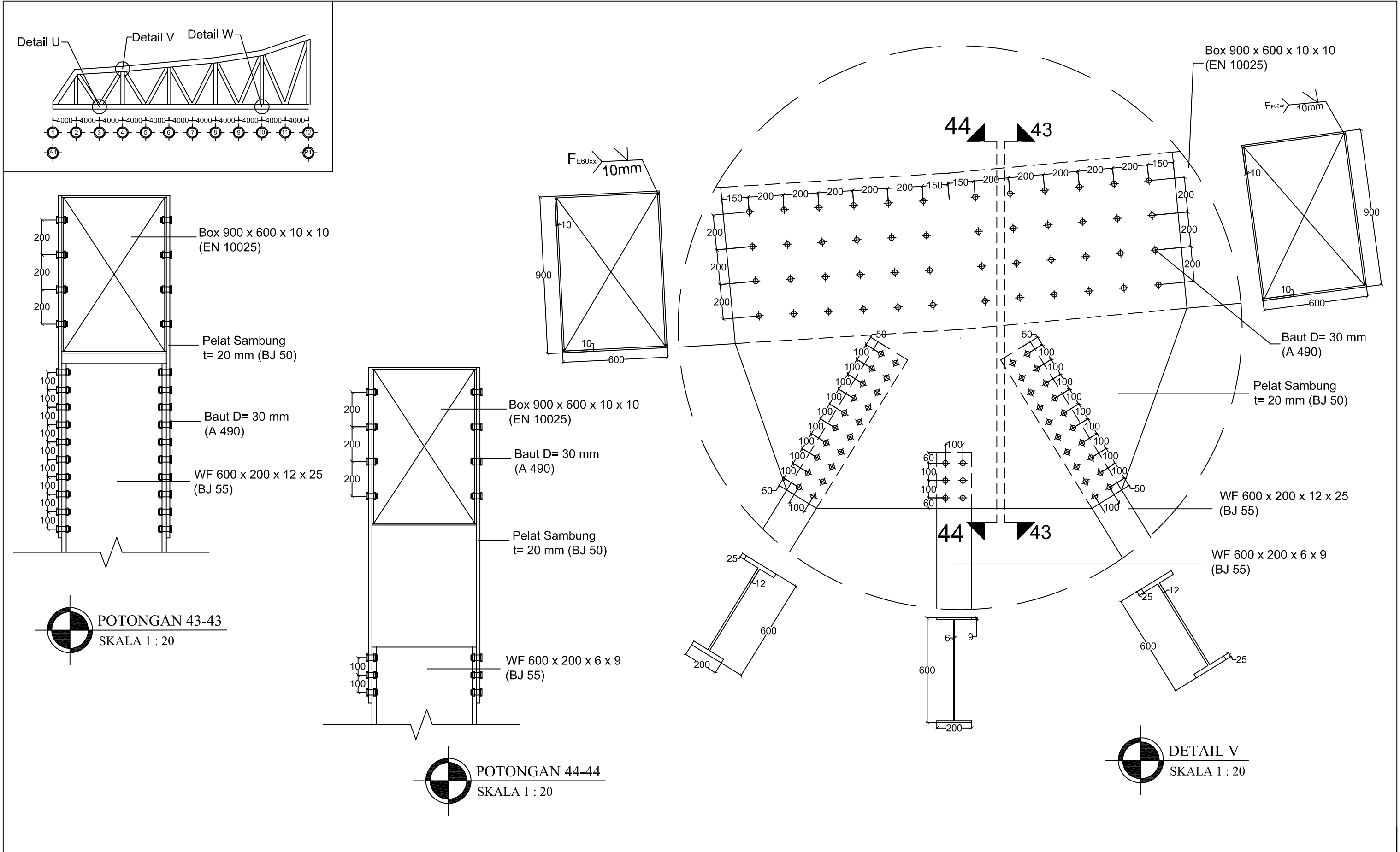


POTONGAN 40-40
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL T POTONGAN 39-39 POTONGAN 40-40	1:20 1:20 1:20	35	56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

NAMA GAMBAR

SKALA

NOMOR

JUMLAH

TUGAS AKHIR TERAPAN

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

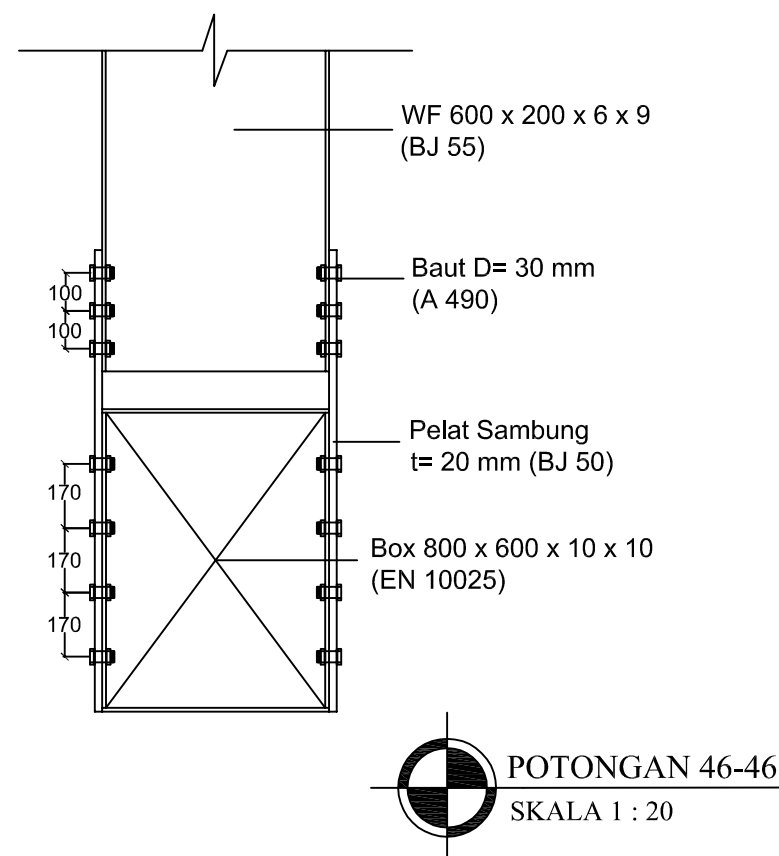
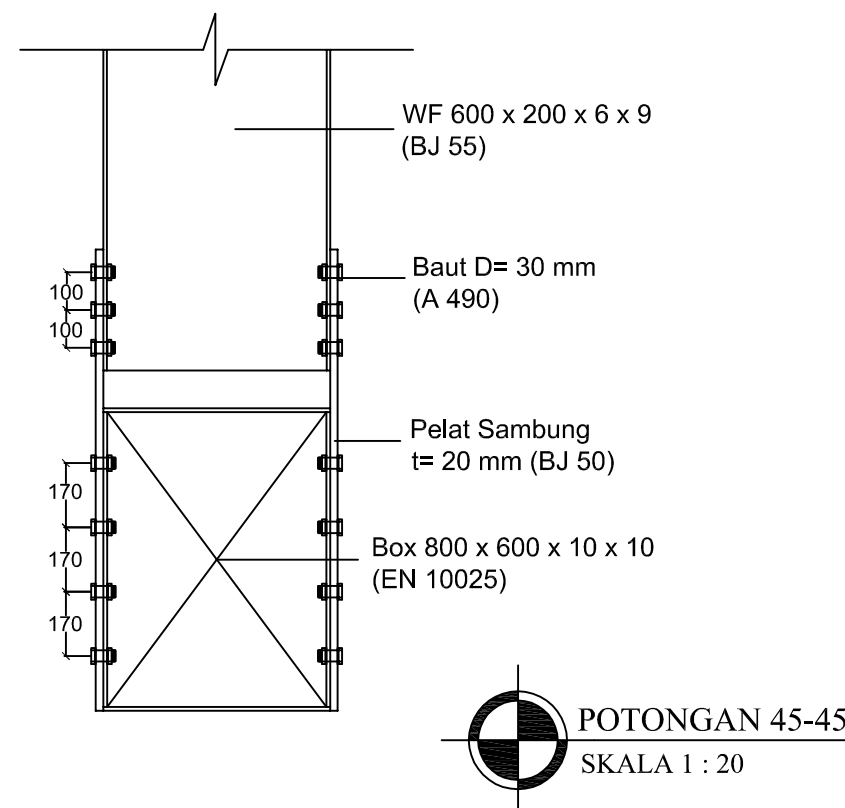
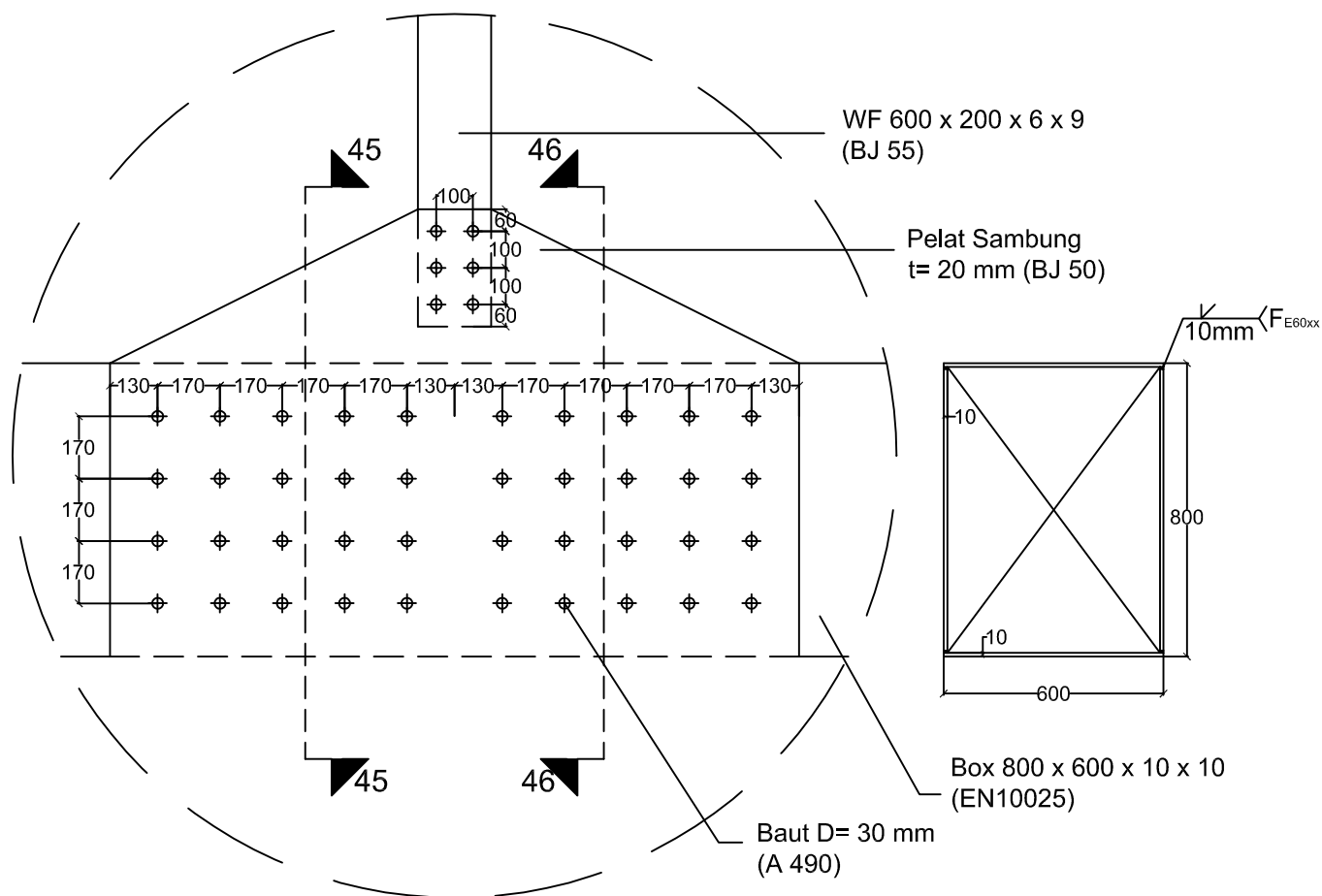
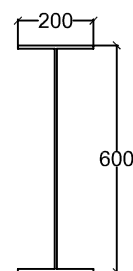
HENDRA DARMAWAN
3113041048

DETAIL V
POTONGAN 43-43
POTONGAN 44-44

1:20
1:20
1:20

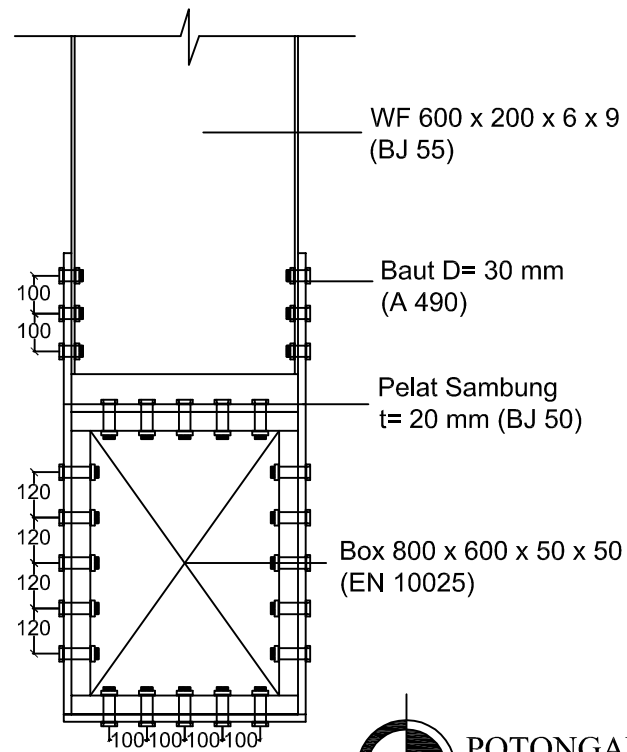
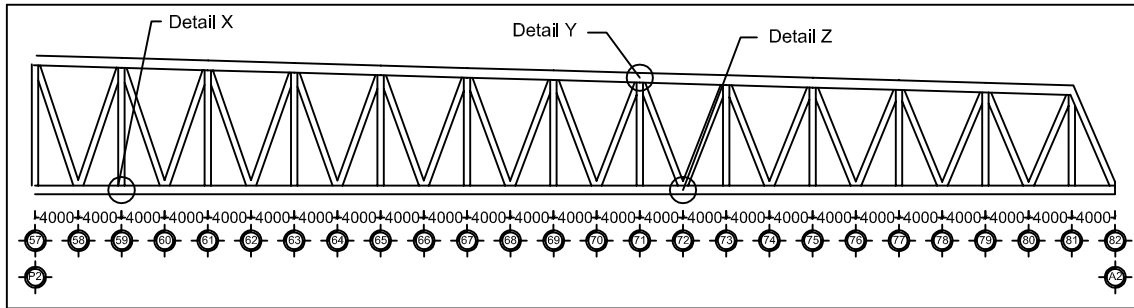
37

56

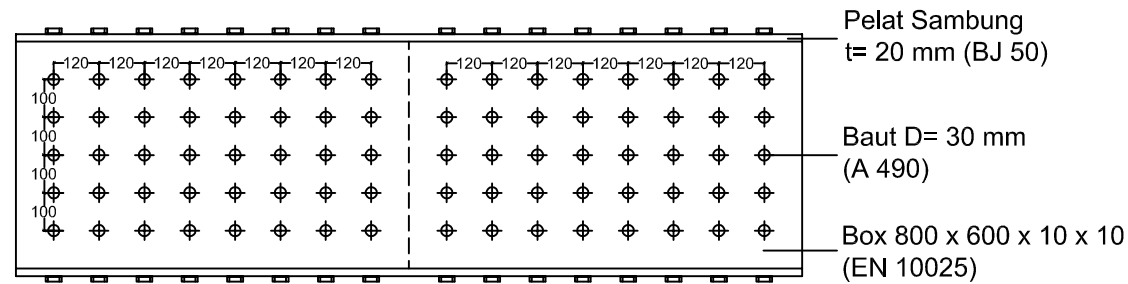


Jumlah

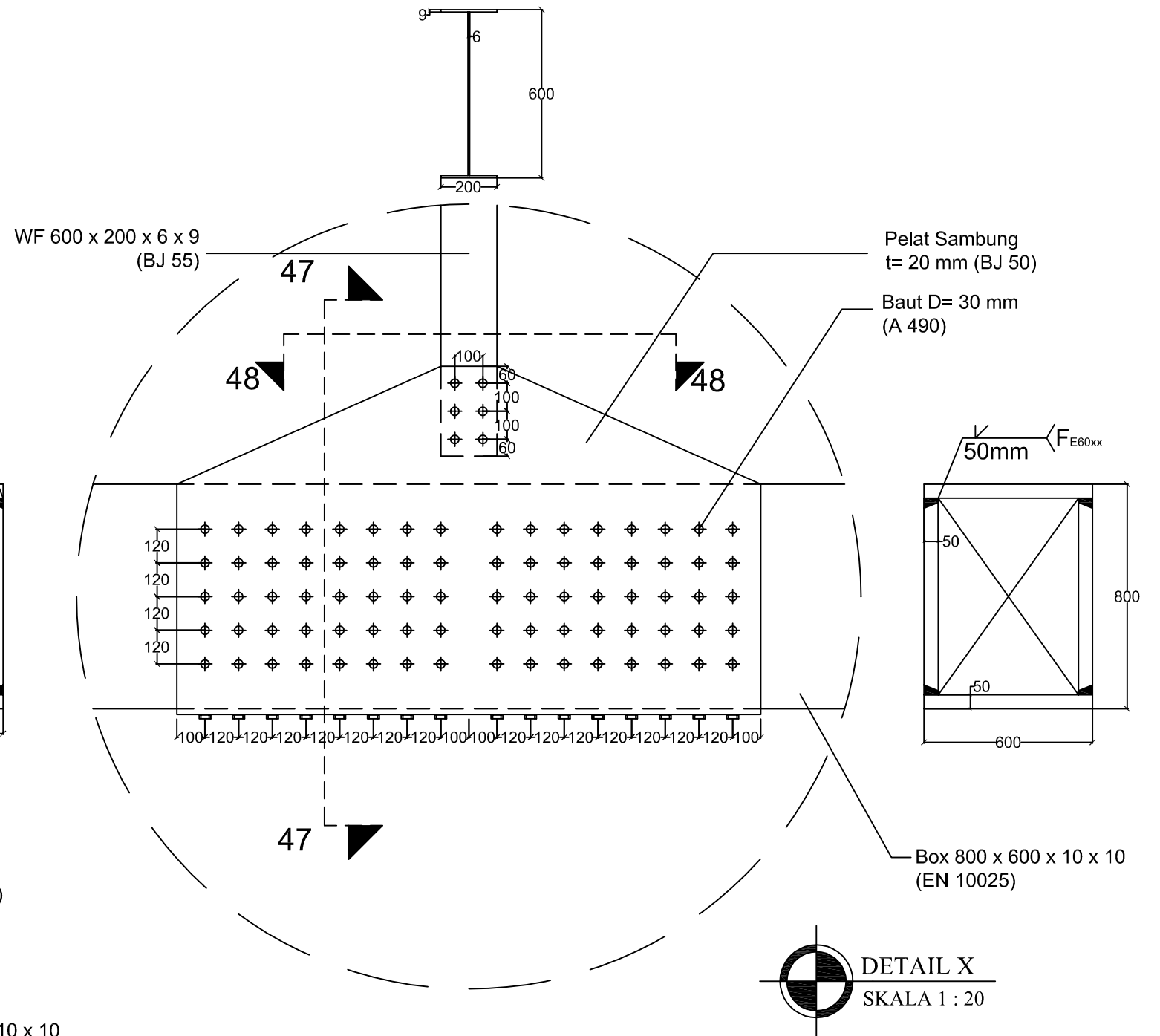
56



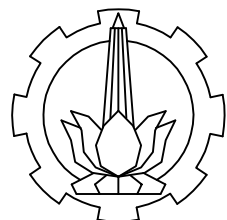
 **POTONGAN 47-47**
SKALA 1 : 20



 **POTONGAN 48-48**
SKALA 1 : 20



 **DETAIL X**
SKALA 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

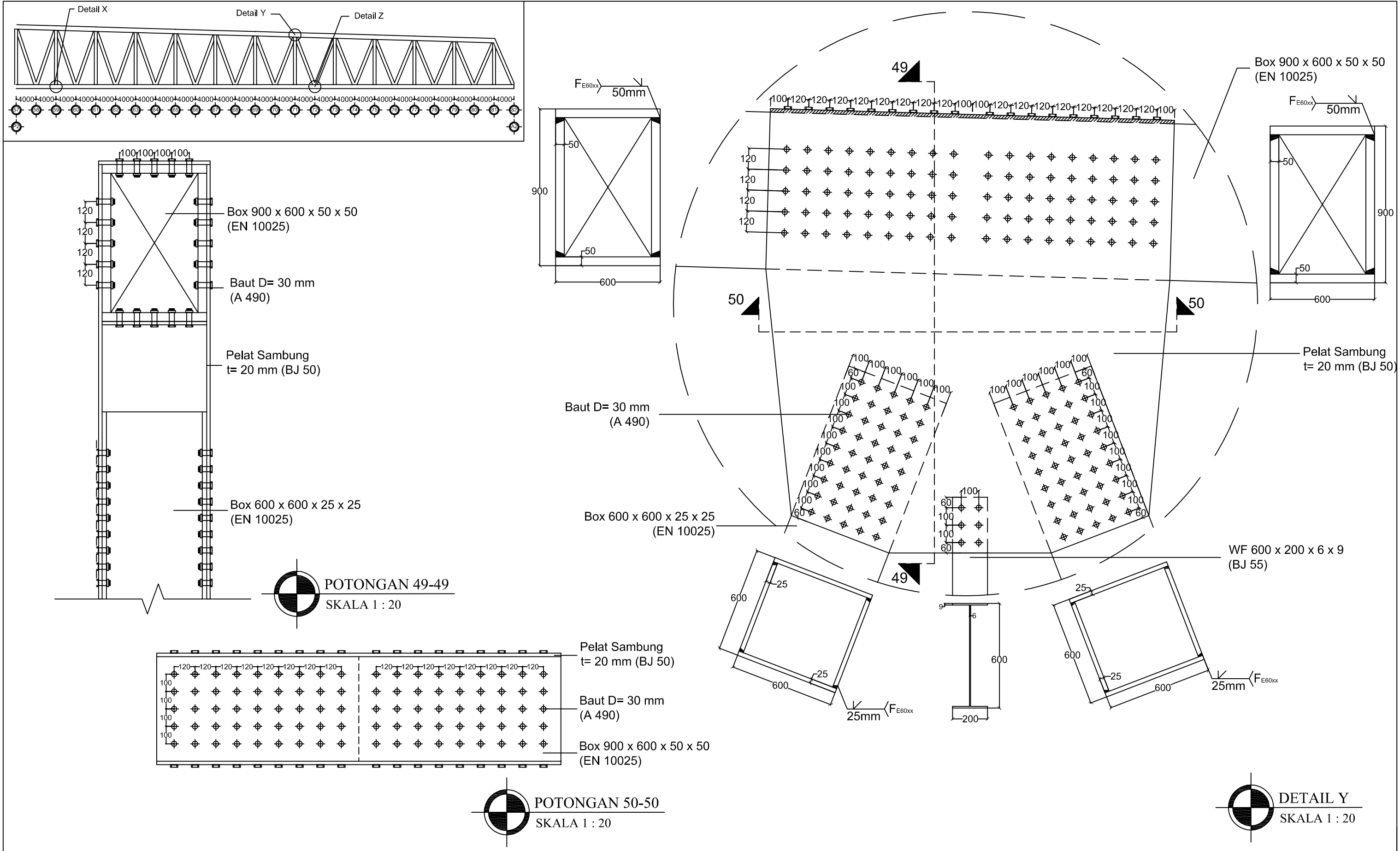
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

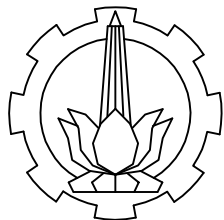
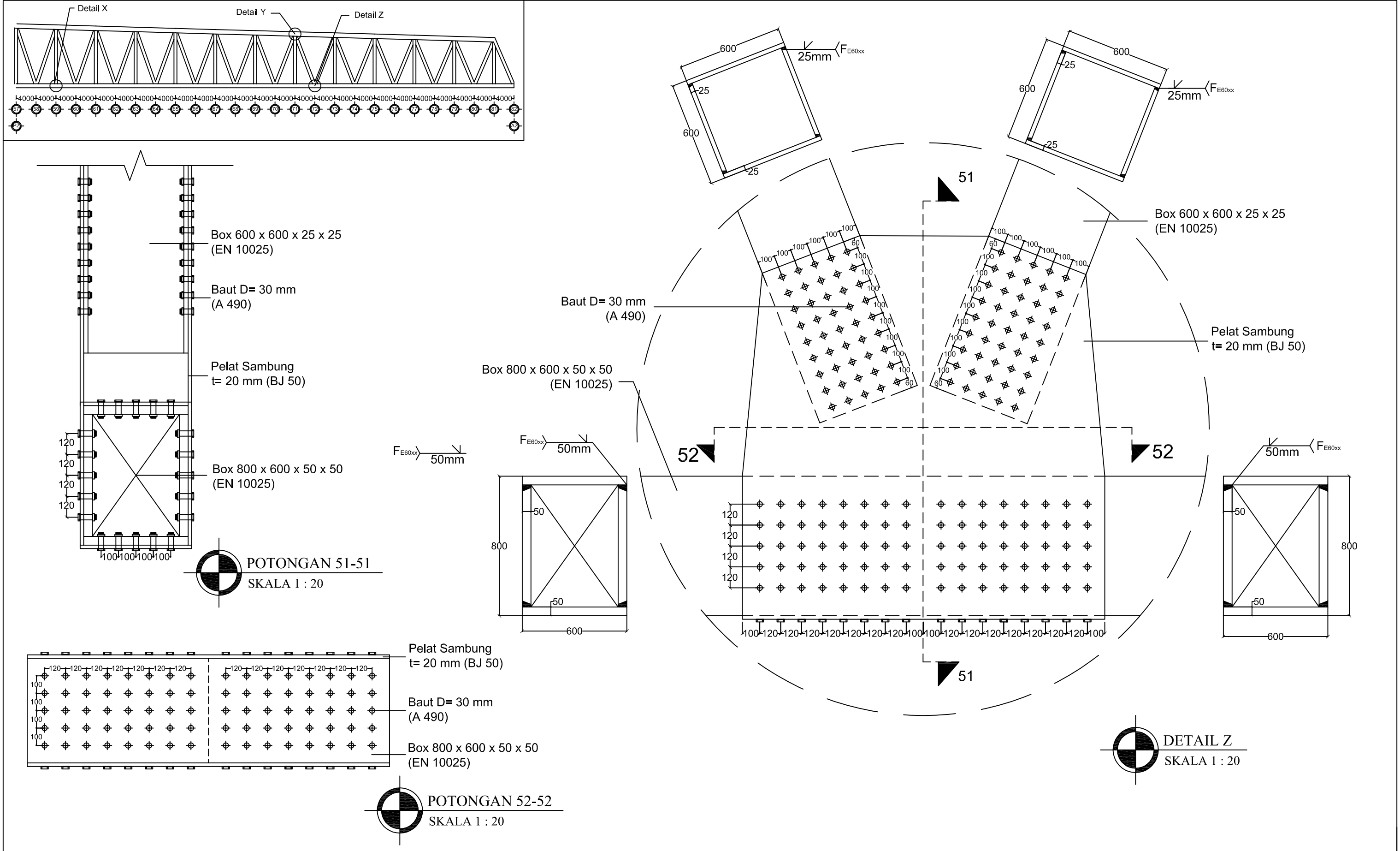
NAMA GAMBAR
DETAIL X
POTONGAN 47-47
POTONGAN 48-48

SKALA
1:20
1:20
1:20

NOMOR
39

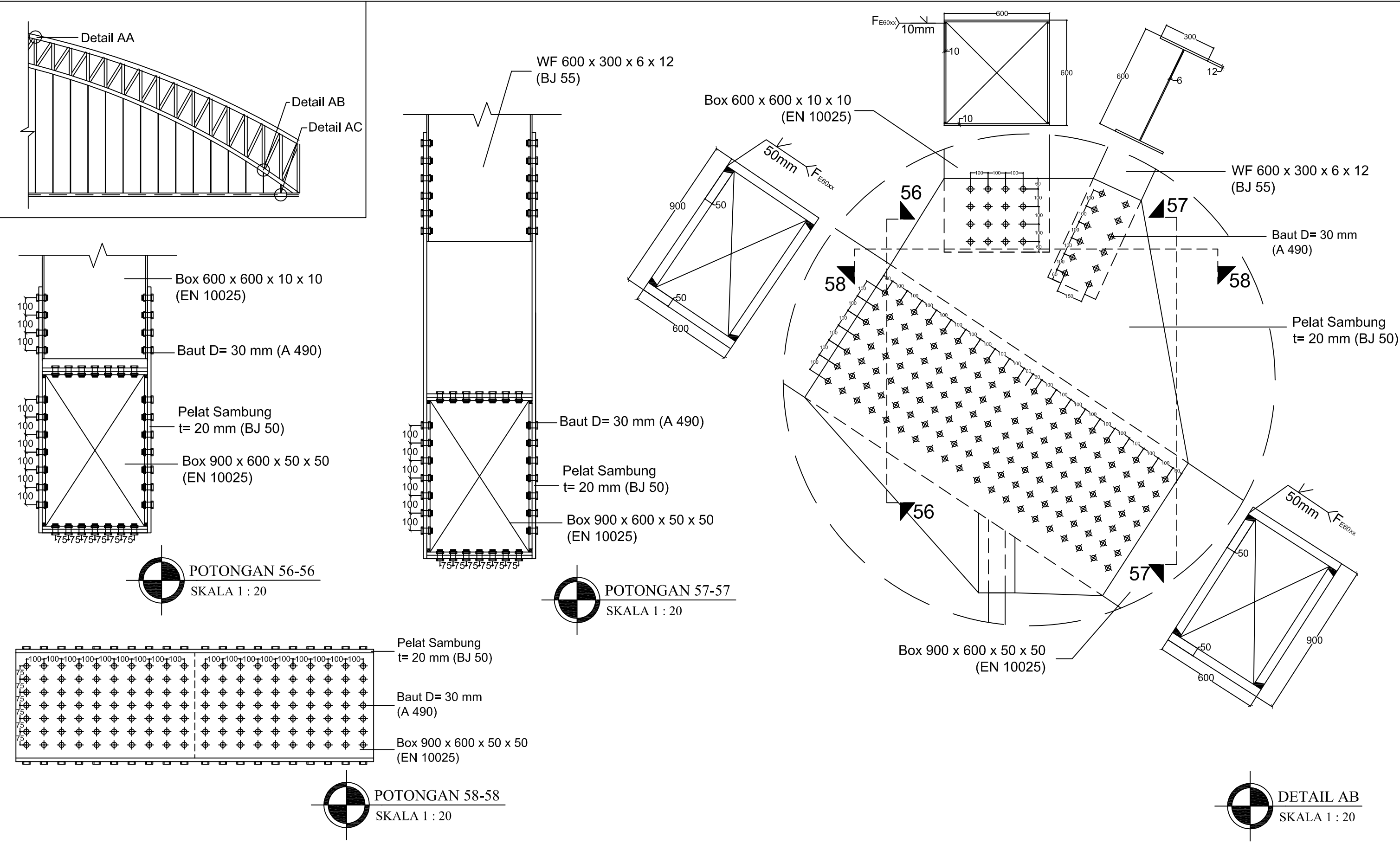
JUMLAH
56



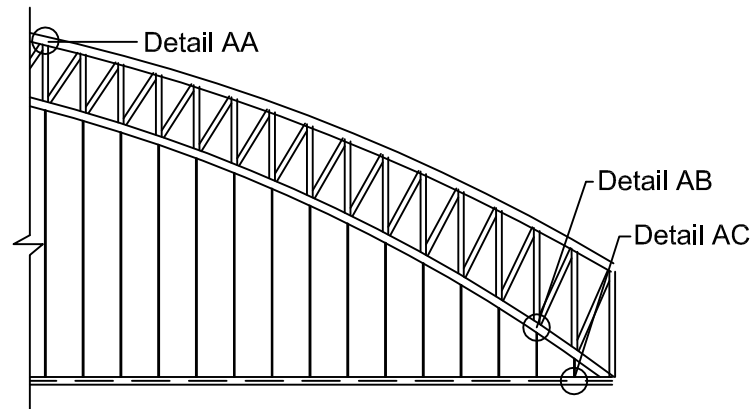


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL Z POTONGAN 51-51 POTONGAN 52-52	1:20 1:20 1:20	41	56



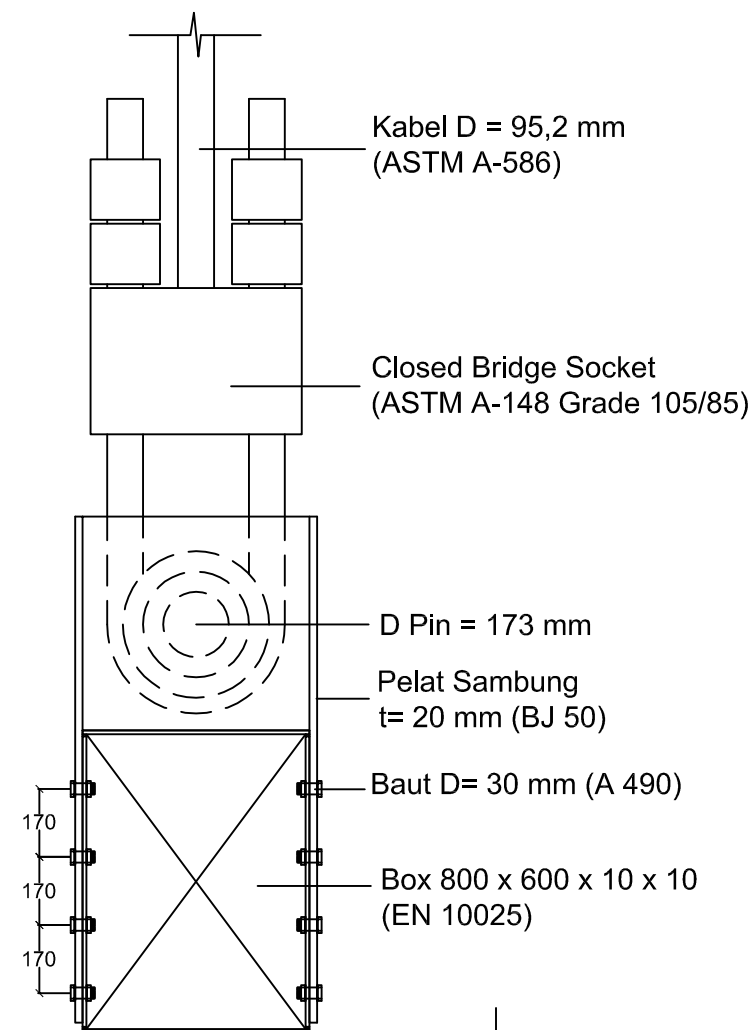
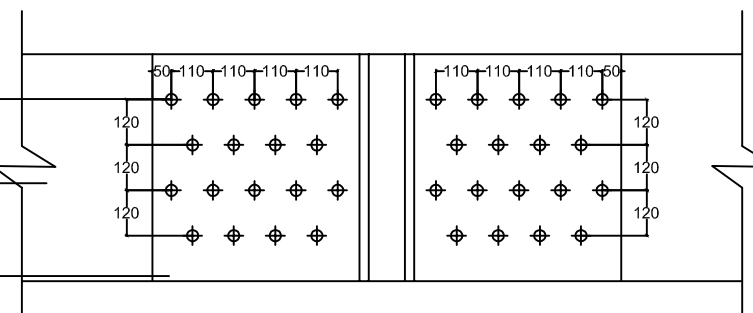
	PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
		TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL AB POTONGAN 56-56 POTONGAN 57-57 POTONGAN 58-58	1:20 1:20 1:20 1:20	43	56



Baut D= 30 mm
(A 490)

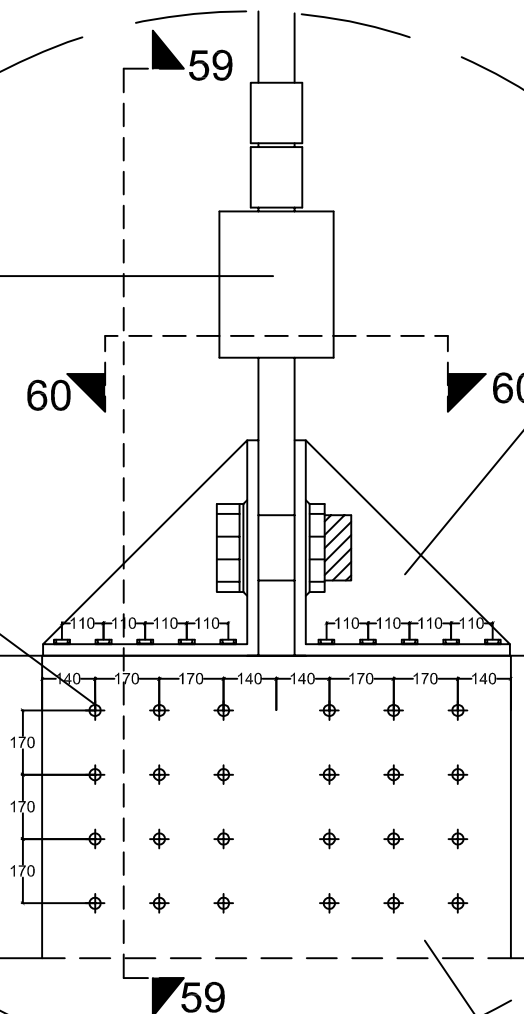
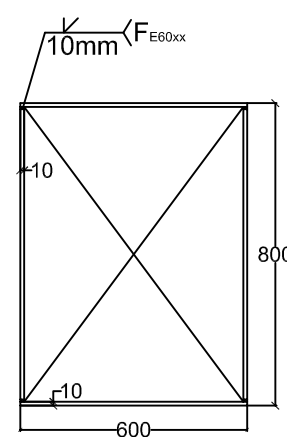
Box 800 x 600 x 10 x 10
(EN 10025)

Pelat Siku 600 x 600 x 25
(BJ 41)



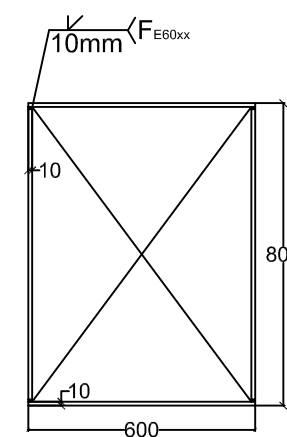
Closed Bridge Socket
(ASTM A-148 Grade 105/85)

Baut D= 30 mm
(A 490)

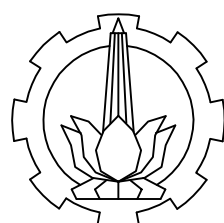


Pelat Siku 600 x 600 x 25
(BJ 41)

Box 800 x 600 x 10 x 10
(EN 10025)



Pelat Sambung
t= 20 mm (BJ 50)



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

NAMA GAMBAR

SKALA

NOMOR

JUMLAH

TUGAS AKHIR TERAPAN

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

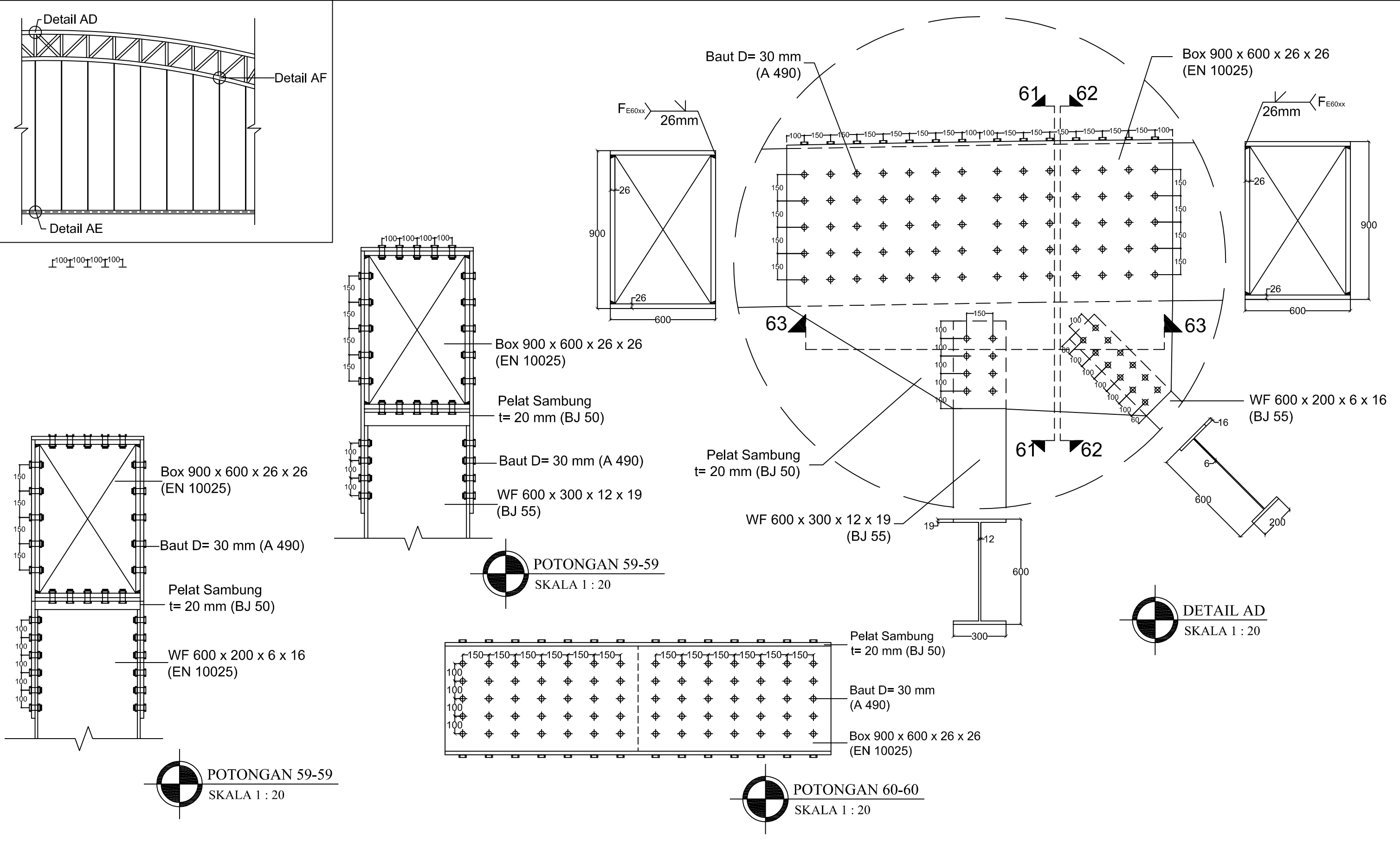
HENDRA DARMAWAN
3113041048

DETAIL AC
POTONGAN 59-59
POTONGAN 60-60

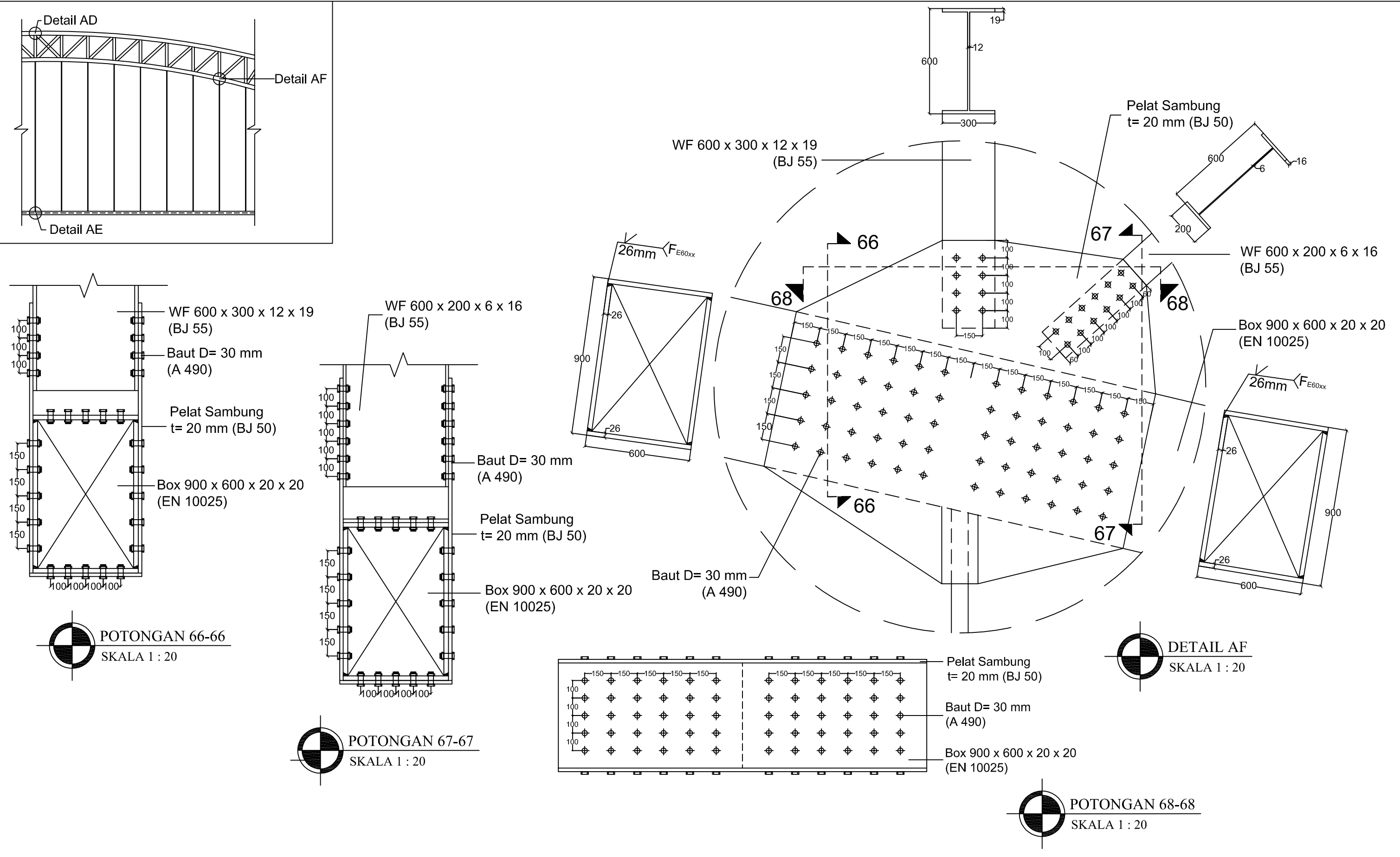
1:20
1:20
1:20

44

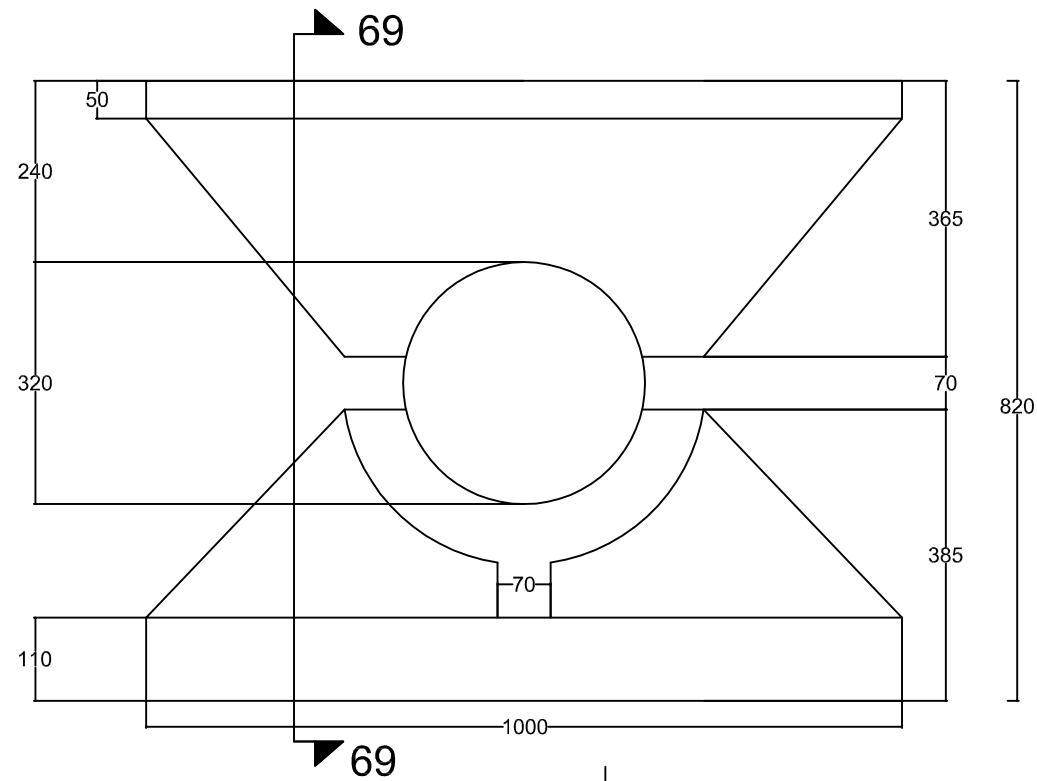
56



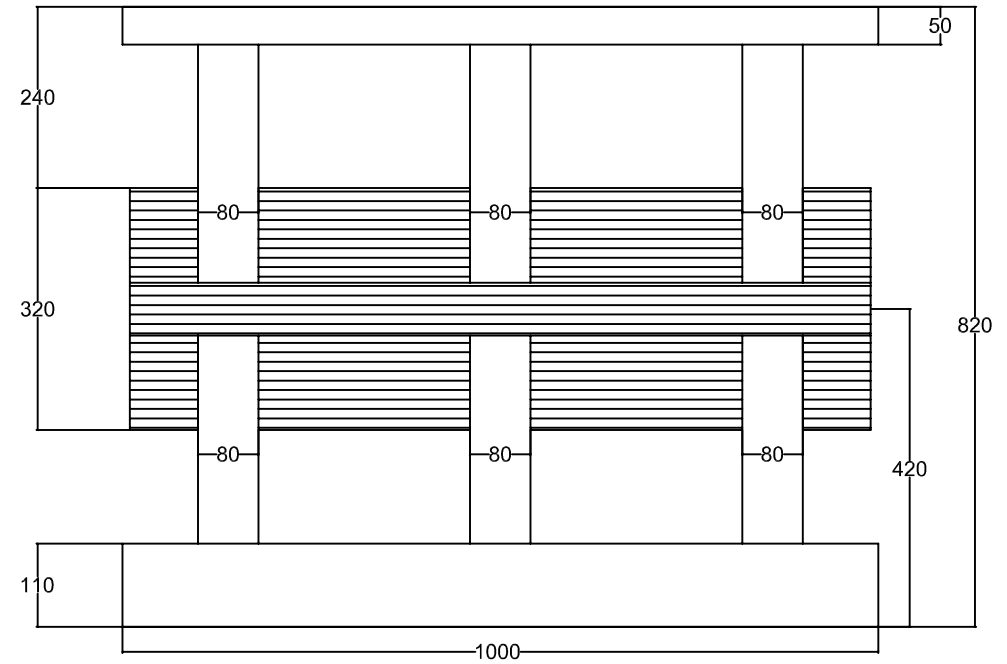
	PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
		TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL AD POTONGAN 61-61 POTONGAN 62-62 POTONGAN 63-63	1:20 1:20 1:20 1:20	45	56



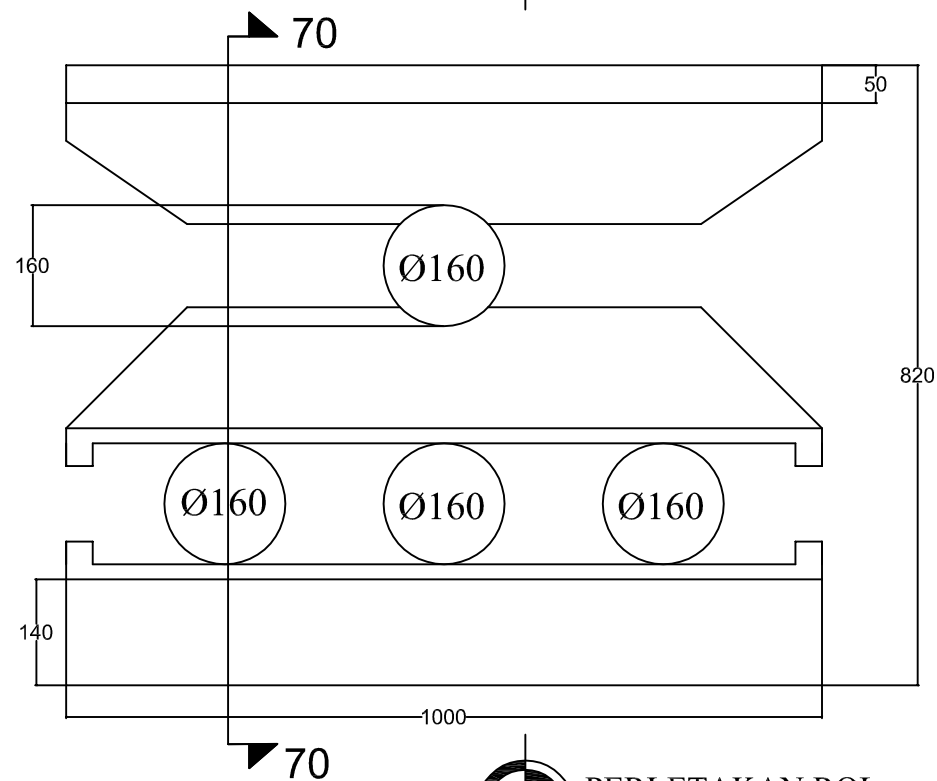
	PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
		TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL AF POTONGAN 66-66 POTONGAN 67-67 POTONGAN 68-68	1:20 1:20 1:20 1:20	47	56



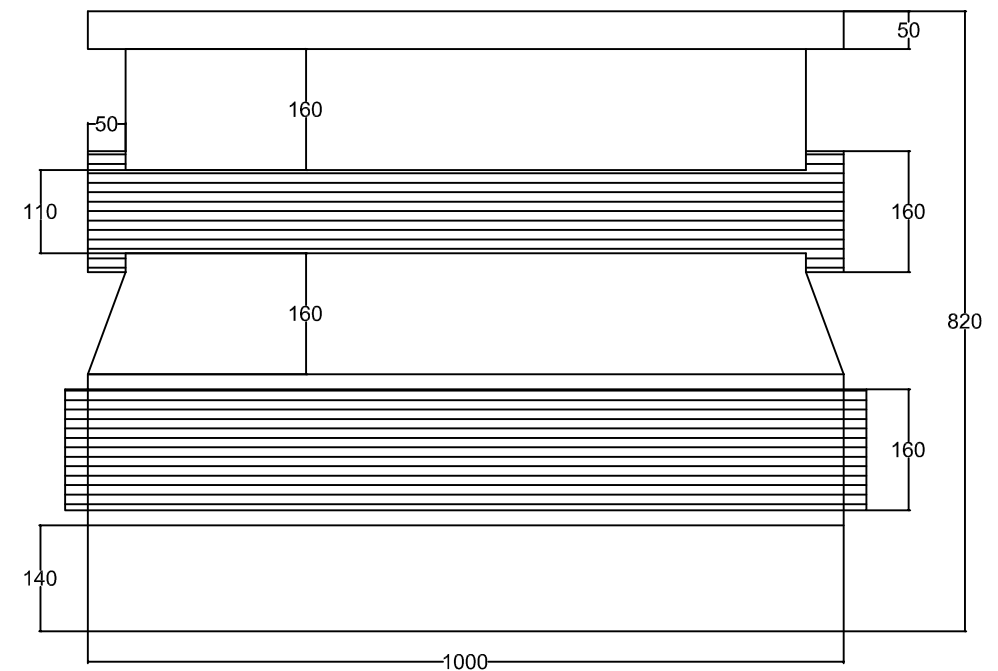
PERLETAKAN SENDI
SKALA 1 : 10



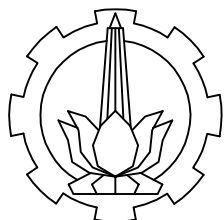
POTONGAN 69-69
SKALA 1 : 10



PERLETAKAN ROL
SKALA 1 : 10

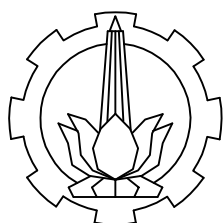
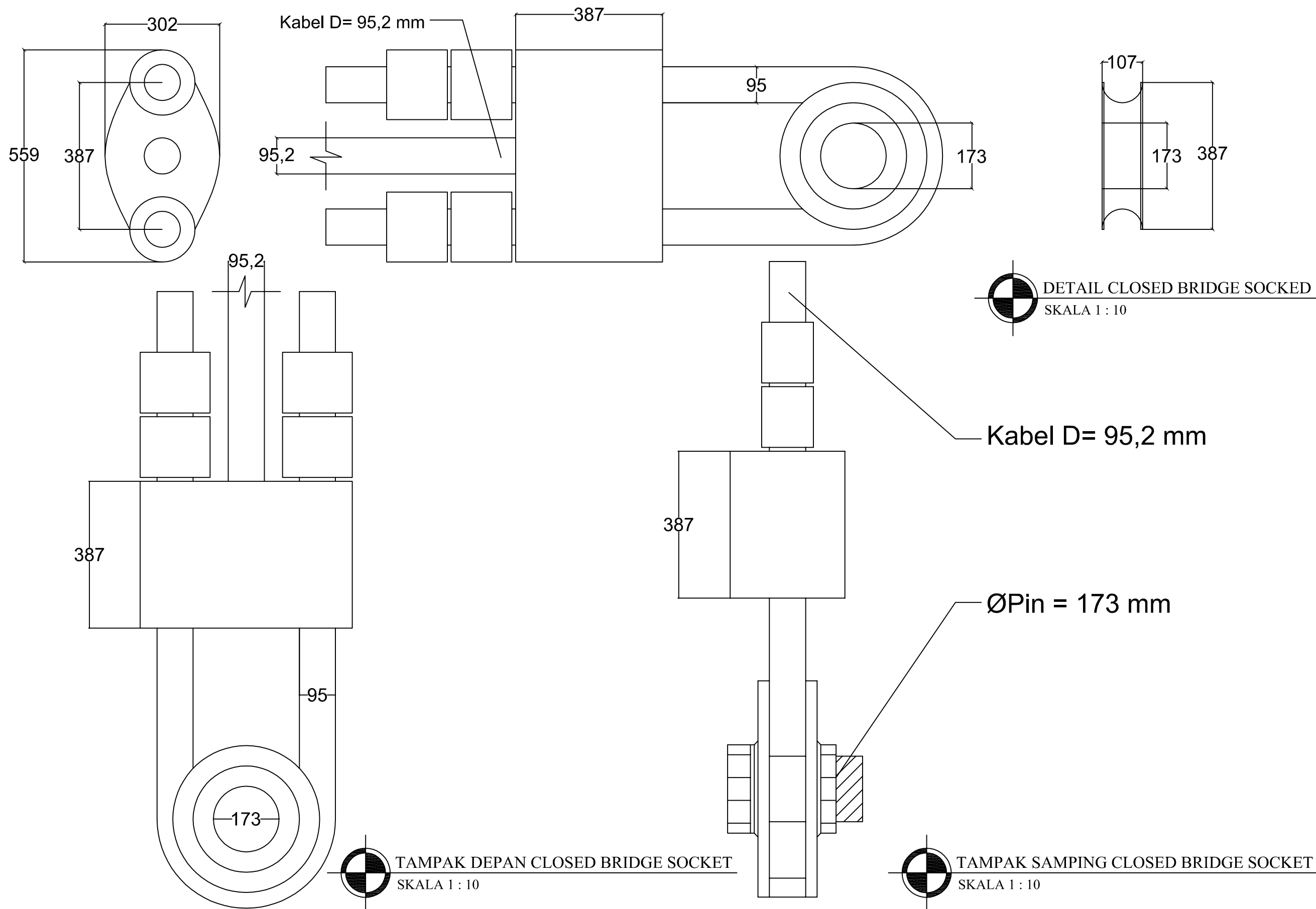


POTONGAN 70-70
SKALA 1 : 10



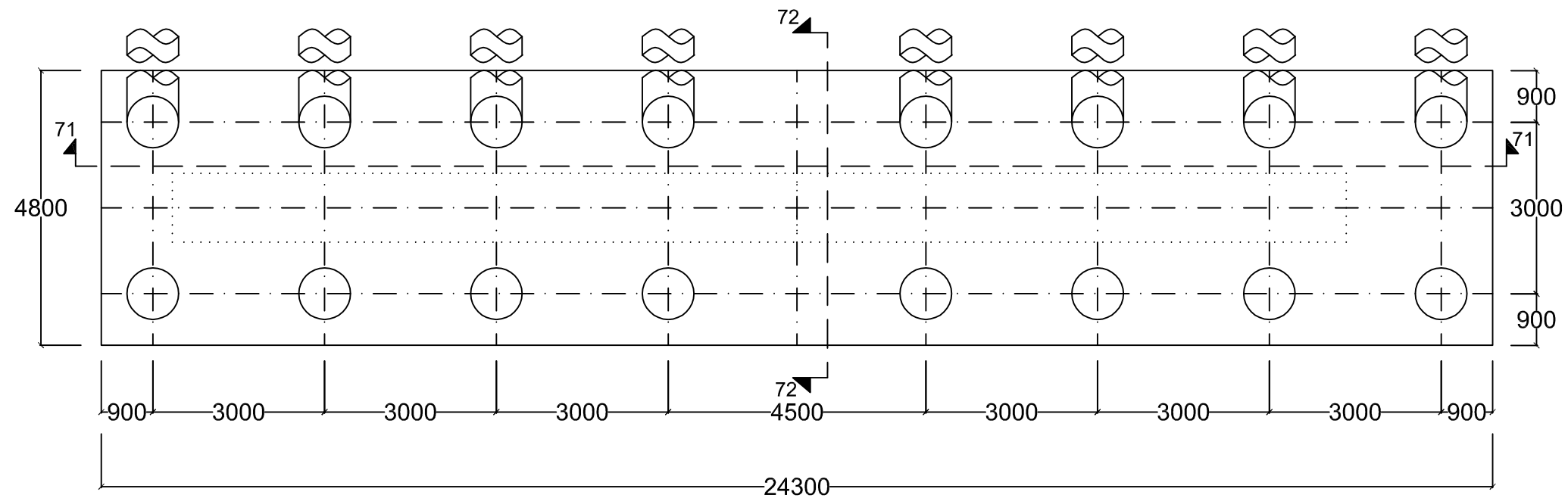
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

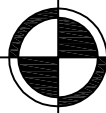
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	PERLETAKAN SENDI PERLETAKAN ROL POTONGAN 69-69 POTONGAN 70-70	1:10 1:10 1:10 1:10	48	56

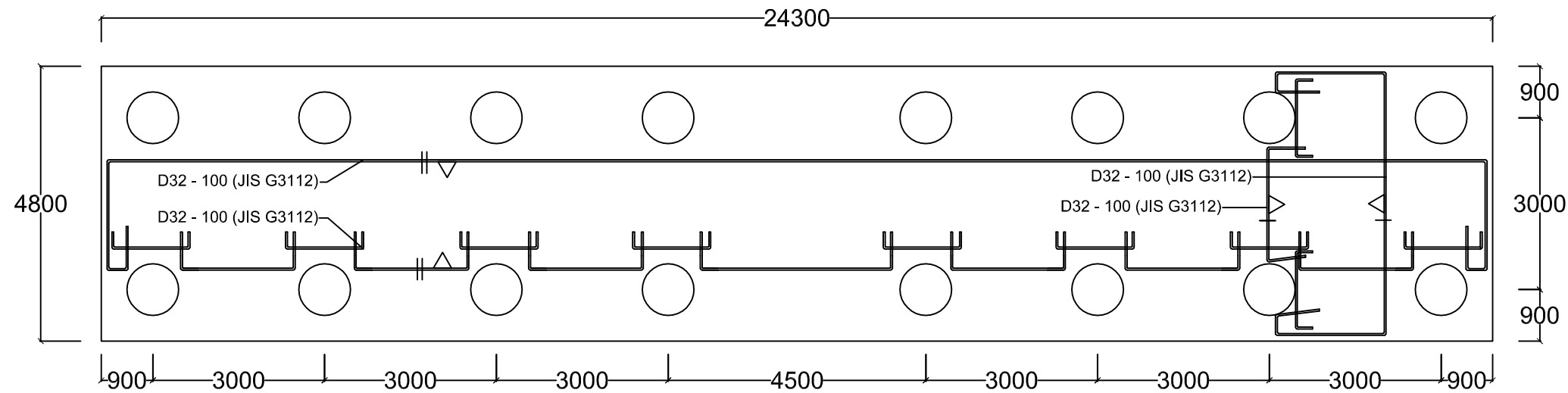


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

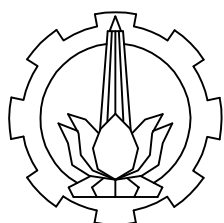
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	DETAIL CLOSED BRIDGE SOCKET TAMPAK DEPAN CLOSED BRIDGE SOCKET TAMPAK SAMPING CLOSED BRIDGE SOCKET	1:10 1:10 1:10	49	56



 **ABUTMENT (TAMPAK ATAS)**
SKALA 1 : 100



 **PENULANGAN PILE CAP (ABUTMENT)**
SKALA 1 : 100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

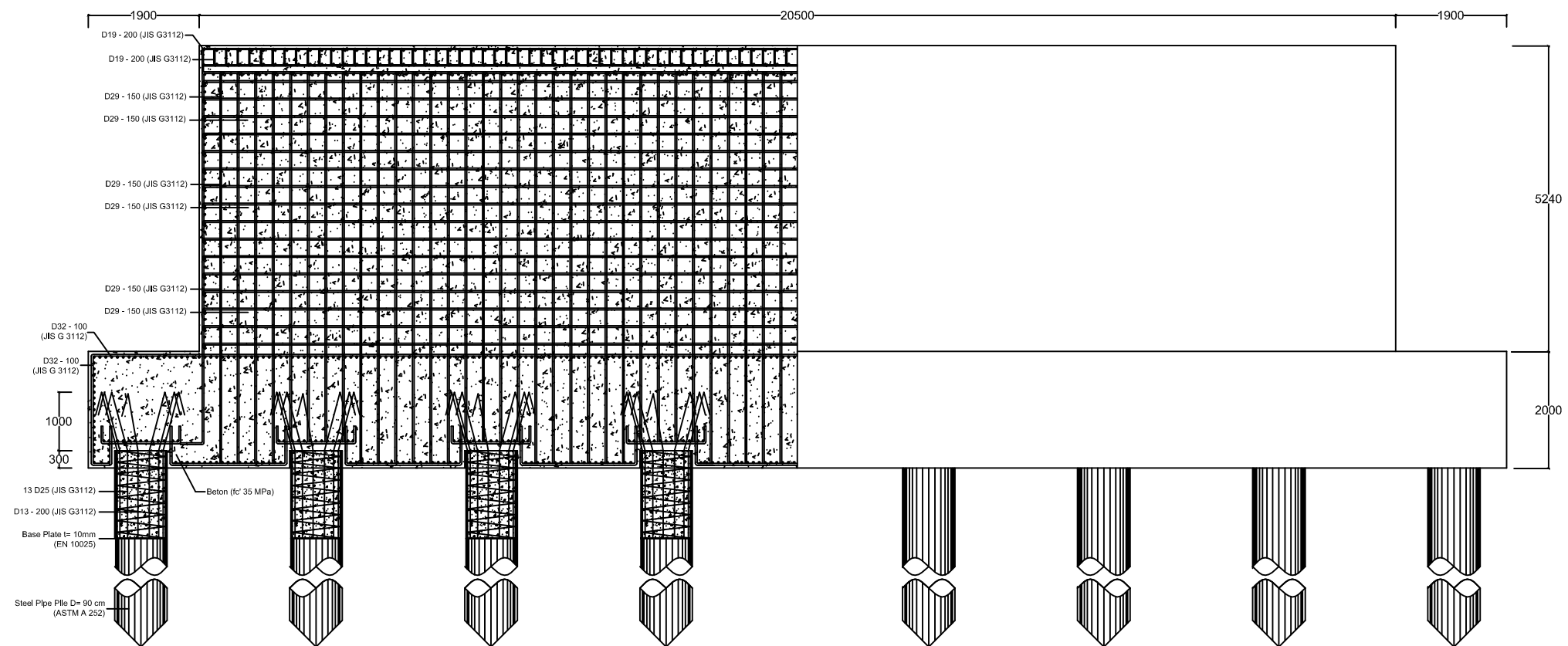
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
ABUTMENT
(TAMPAK ATAS)
PENULANGAN PILE CAP
(ABUTMENT)

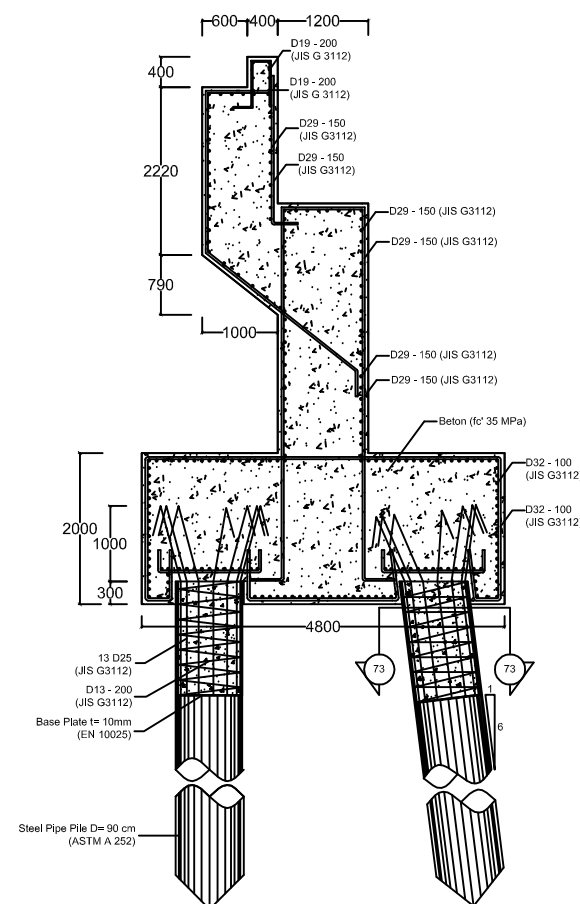
SKALA
1:100
1:100

NOMOR
50

JUMLAH
56



 POTONGAN 71-71
SKALA 1 : 100



13 D25 (JIS G3112)

Steel Pipe Pile D = 90cm
(ASTM A 252)

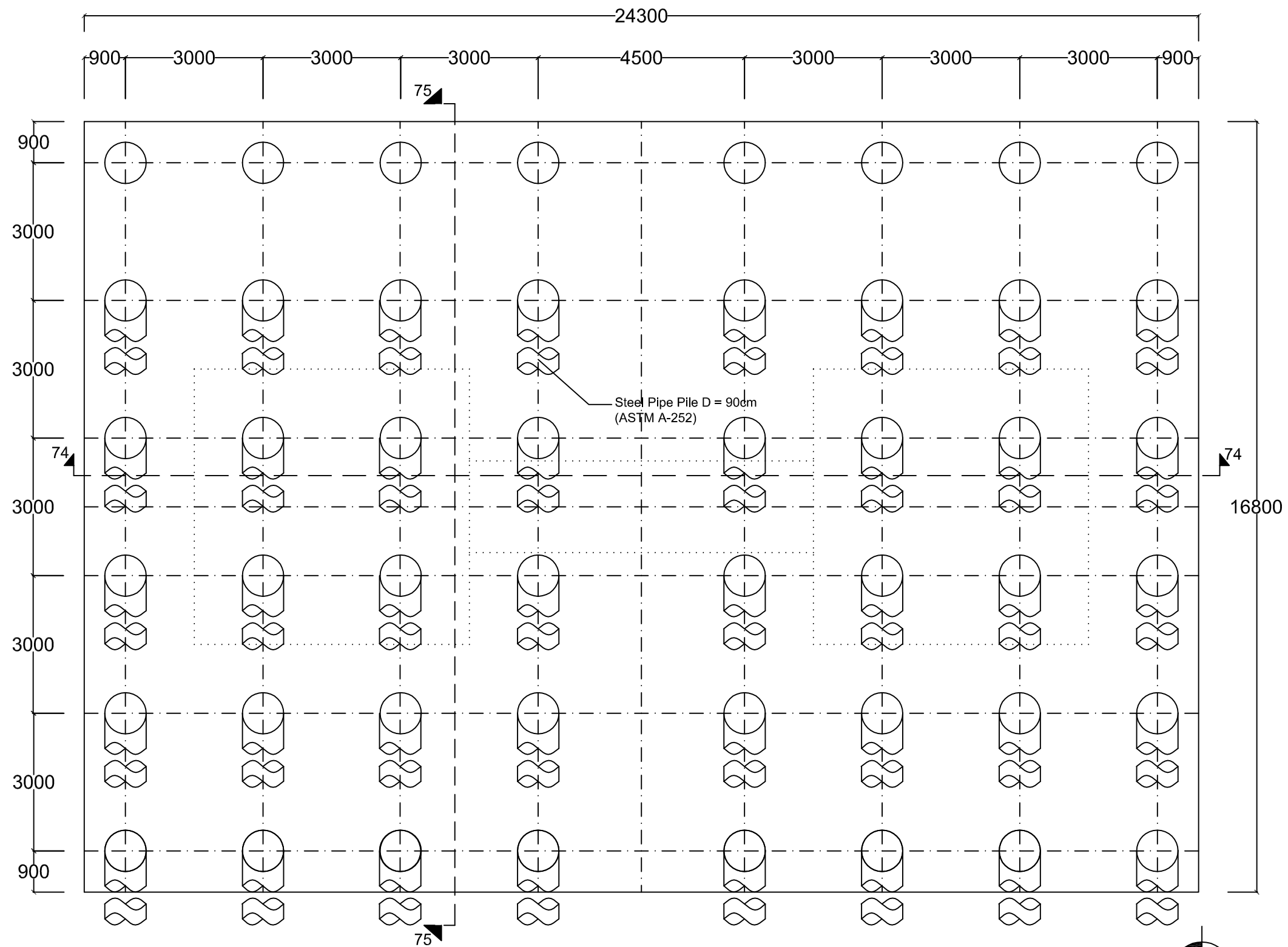
 POTONGAN 73-73
SKALA 1 : 100


 POTONGAN 72-72
SKALA 1 : 100

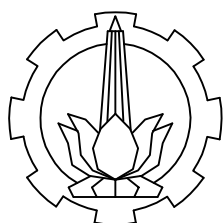


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	POTONGAN 71-71 POTONGAN 72-72 POTONGAN 73-73	1:100 1:100 1:100	51	56




PILAR (TAMPAK ATAS)
 SKALA 1 : 100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

NAMA MAHASISWA

HENDRA DARMAWAN
 3113041048

NAMA GAMBAR

PILAR (TAMPAK ATAS)

SKALA

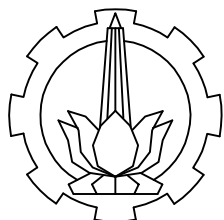
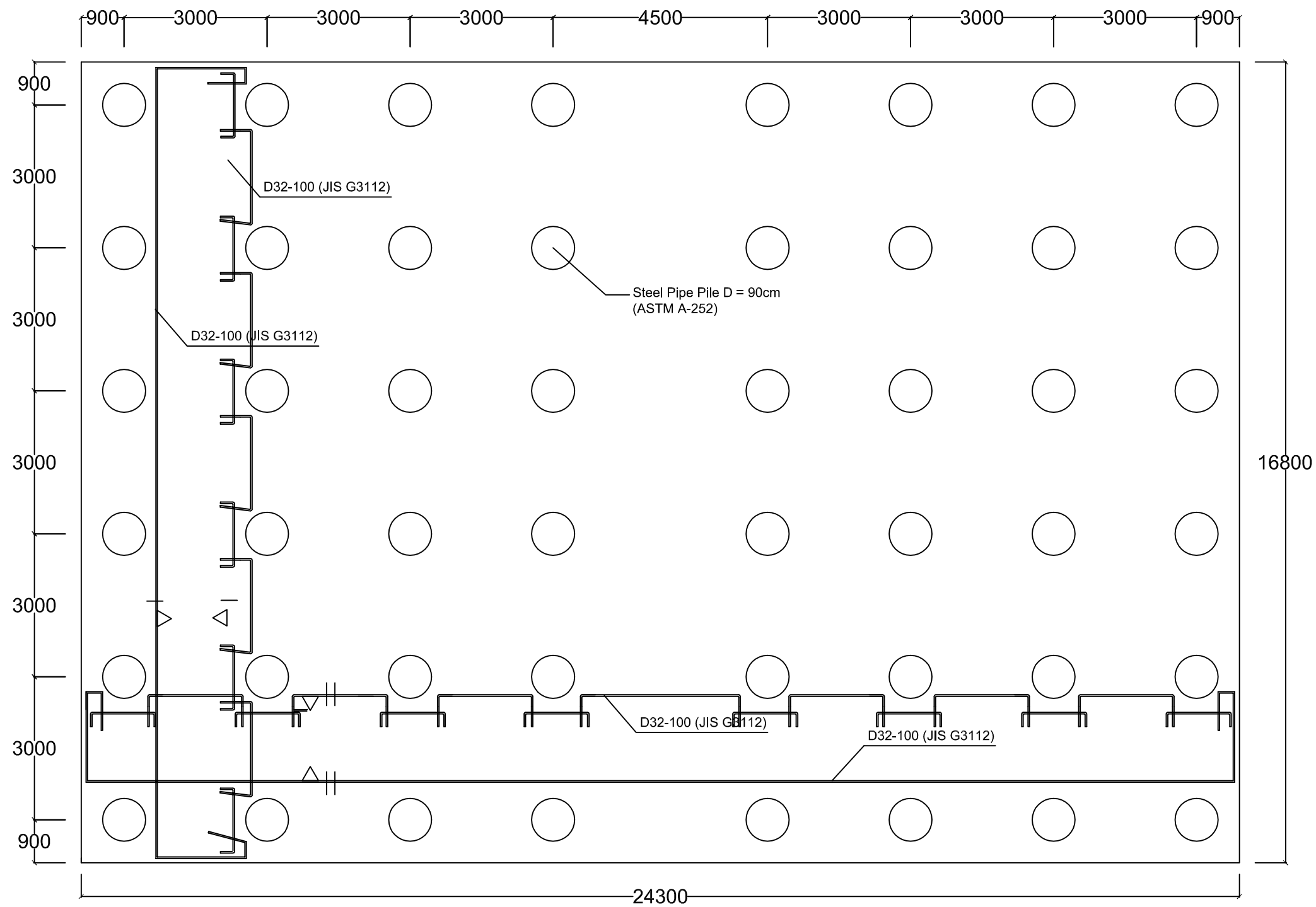
1:100

NOMOR

52

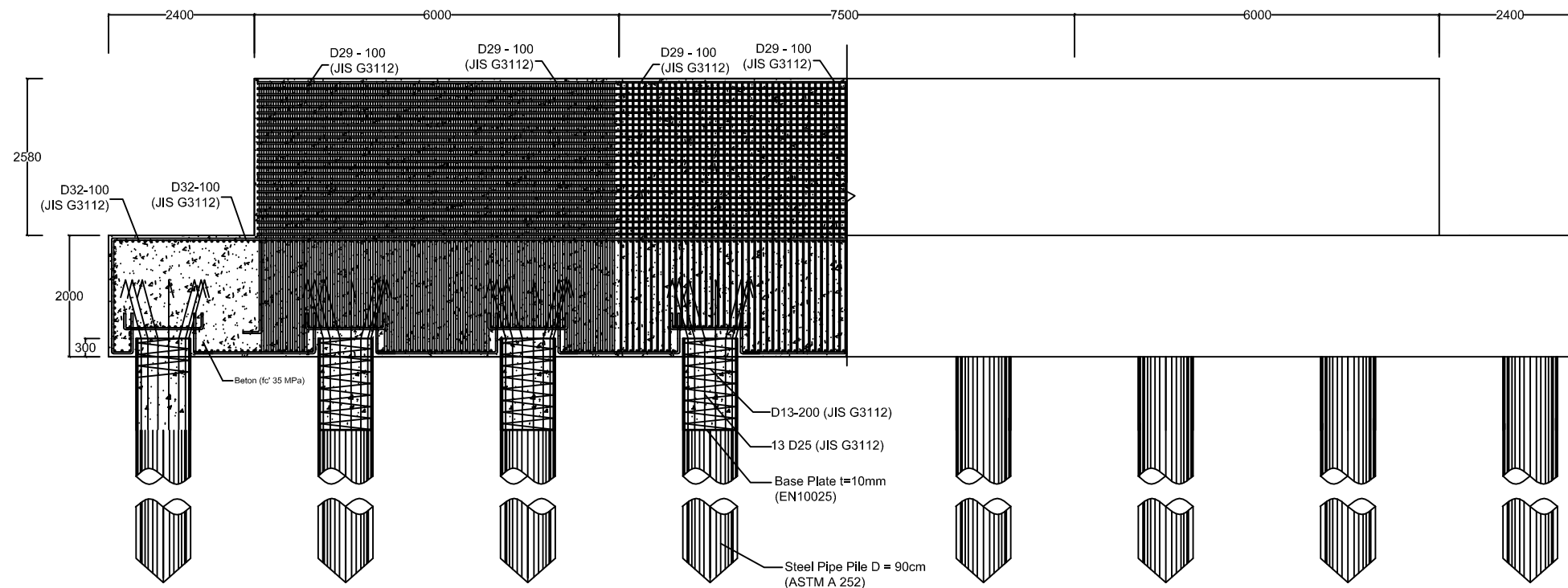
JUMLAH

56

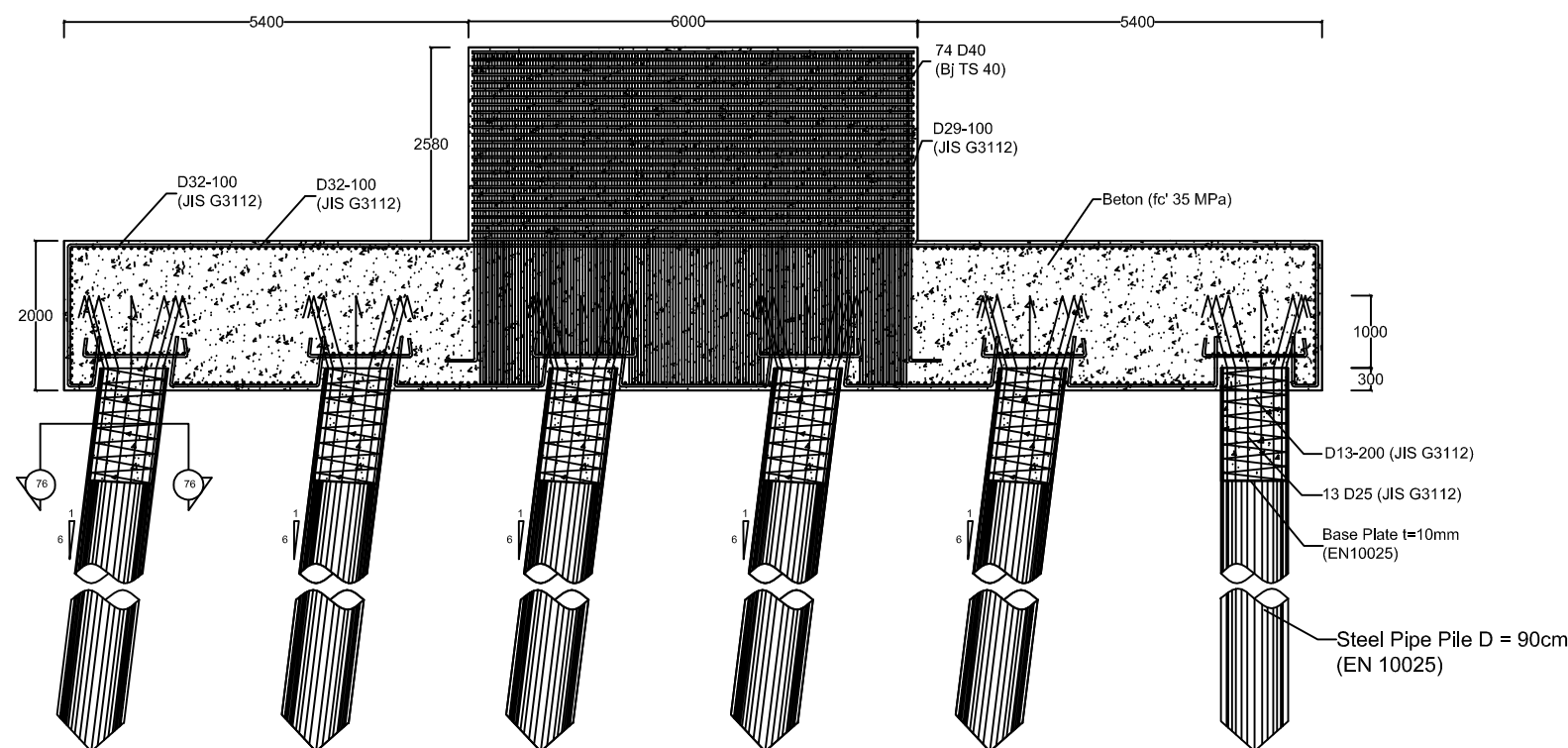


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

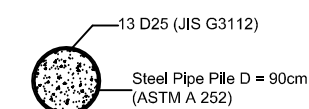
NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048			53	56



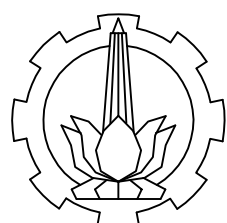
POTONGAN 74-74
SKALA 1 : 100



POTONGAN 75-75
SKALA 1 : 100



POTONGAN 76-76
SKALA 1 : 100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR TERAPAN

DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. Chomaedi, CES. Geo
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

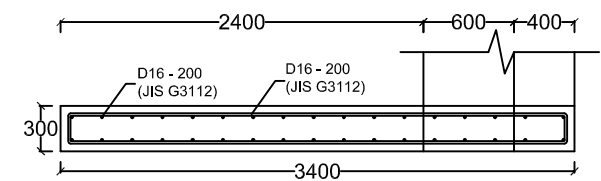
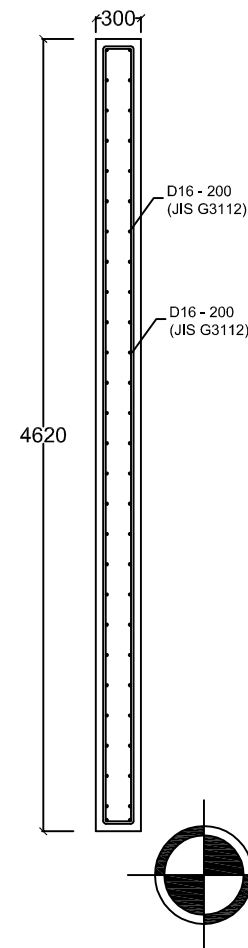
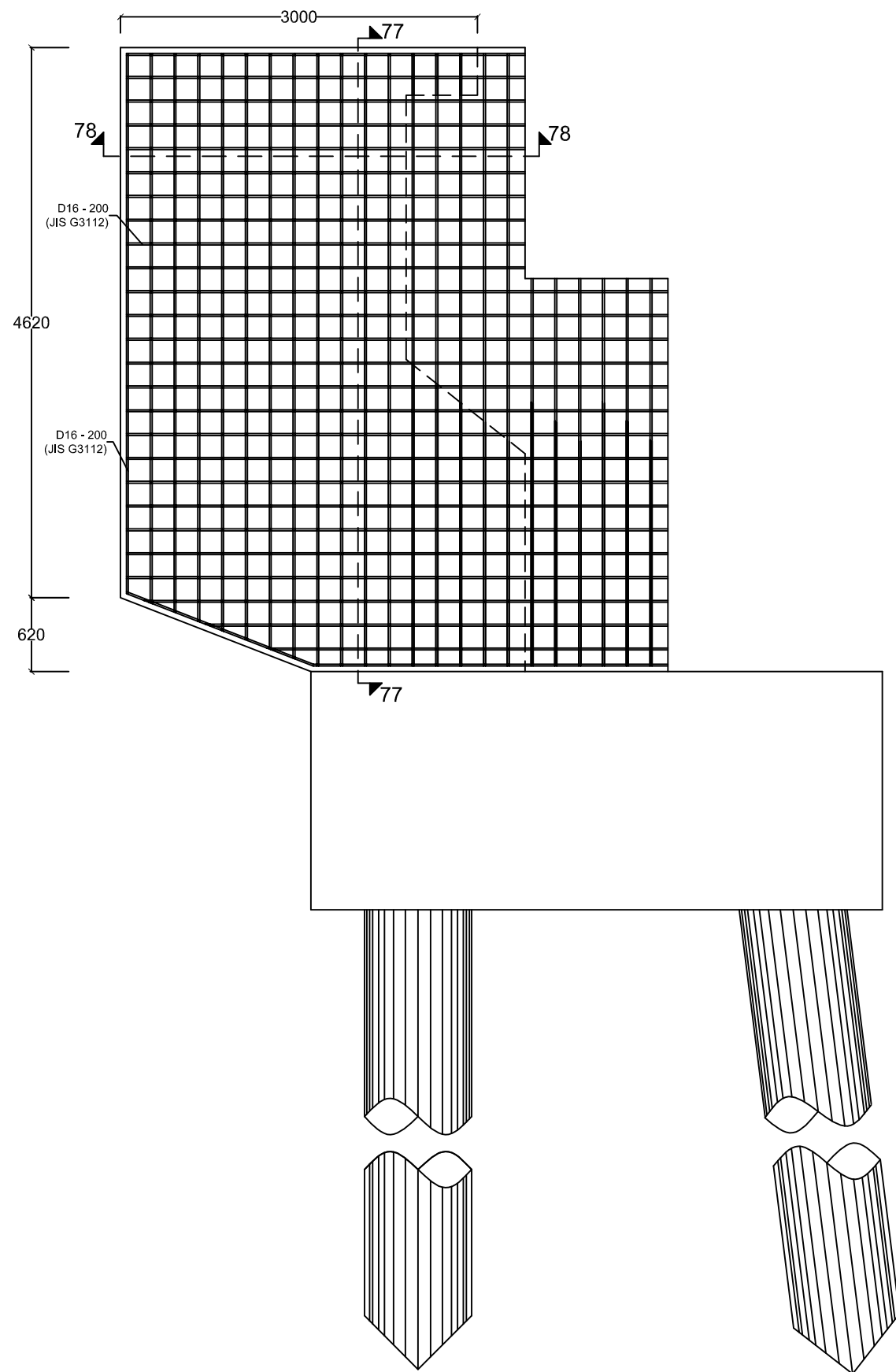
NAMA MAHASISWA
HENDRA DARMAWAN
3113041048

NAMA GAMBAR
POTONGAN 74-74
POTONGAN 75-75
POTONGAN 76-76

SKALA
1:100
1:100
1:100

NOMOR
54

JUMLAH
56



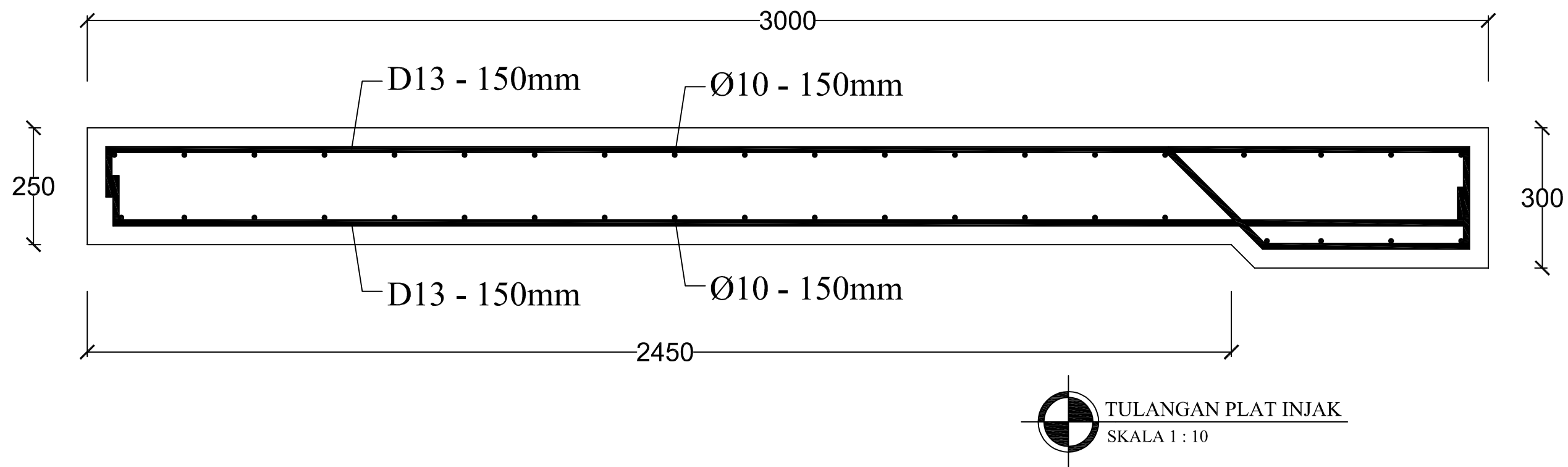
POTONGAN 78-78
SKALA 1 : 50

TULANGAN WINGWALL
SKALA 1 : 50



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	TULANGAN WINGWALL POTONGAN 77-77 POTONGAN 78-78	1:50 1:50 1:50	55	56



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR	JUMLAH
TUGAS AKHIR TERAPAN	1. Ir. Chomaedi, CES. Geo 2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS	HENDRA DARMAWAN 3113041048	TULANGAN PLAT NJAK	1:10	56	56

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 12 bulan Juni tahun 1996 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bernama Hendra Darmawan merupakan lulusan dari SDN Wonokusumo IX Surabaya, SMPN 15 Surabaya, dan SMAN 19 Surabaya. Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan DIV Teknik Sipil pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113041048. Selama masa perkuliahan penulis pernah mengikuti LKMM Pra-TD. Penulis juga aktif dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam jurusan, fakultas, maupun institut. Penulis mendapatkan kesempatan mengikuti kerja praktik di Proyek Pembangunan HMC Pad. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail*: darmawanh@gmail.com.